



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE

Uémisson Araujo Nogueira

**A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA PLANETÁRIO COMO ANALOGIA PARA ESTUDAR
O ÁTOMO DE BOHR: uma análise no ensino médio**

Caruaru

2019

Uémisson Araujo Nogueira

**A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA PLANETÁRIO COMO ANALOGIA PARA ESTUDAR
O ÁTOMO DE BOHR: uma análise no ensino médio**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física-Licenciatura, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Área de concentração: Educação.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Tassiana Fernanda Genzini De Carvalho.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

N778u Nogueira, Uémisson Araújo.
A utilização do sistema planetário como analogia para estudar o átomo de Bohr: uma análise do ensino médio. / Uémisson Araújo Nogueira. - 2019.
66 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho
Coorientador: João Eduardo Fernandes Ramos.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2019.
Inclui Referências.

1. Analogia. 2. Átomos - Modelos. 3. Ensino médio. I. Carvalho, Tassiana Fernanda Genzini de (Orientadora). II. Ramos, João Eduardo Fernandes (Coorientador). III. Título.

CDD 371.12 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-311)

Uémisson Araujo Nogueira

**A UTILIZAÇÃO DO SISTEMA PLANETÁRIO COMO ANALOGIA PARA ESTUDAR
O ÁTOMO DE BOHR: uma análise no ensino médio**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Física-Licenciatura, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovado em: 06/12/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Tassiana Fernanda Genzini De Carvalho (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. João Eduardo Fernandes Ramos (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Augusto Cesar Lima Moreira (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco

Quero agradecer a Deus por está realizando mais um objetivo em minha vida.
Dedico este trabalho a minha família, principalmente a minha mãe um exemplo de
força, coragem e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a minha orientadora Professora Dra. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho, por ter aceitado o desafio de orientar-me. Visto que, o convite foi realizado nos corredores do Campus e também por ela ser bem atenciosa nos momentos de bloqueios que surgiram no meio da escrita do presente trabalho.

Gostaria também, de agradecer ao Professor Dr. Augusto Cesar Lima Moreira, pelas dicas dadas quando apenas existia a ideia de trabalhar com analogias. Pois, de início encontrava-me com muitas ideias que precisavam ser lapidadas.

A minha irmã Josefa Uérica de Araujo Nogueira, Mestranda em Educação pela Universidade Federal de Pernambuco, pelo auxílio nas correções de trechos do trabalho. A minha namorada Pamella Christy Cruz de Farias, pós-graduanda em Psicopedagogia pela Faculdade Facol, pelas dicas pedagógicas que devem nortear uma monografia.

Aos docentes que aceitaram participar da entrevista que compôs essa monografia. Aos meus colegas de aula e de tantas pelejas na Universidade, Josemar Beserra de Mélo Filho e Oduvaldo dos Santos Regis Neto. Dado que, quando estávamos prestes a iniciar as cadeiras de TCCs foram muitas conversas entre nós, com a finalidade de cada um ter em mente o que gostaria de escrever e com algo já idealizado.

Por fim, agradeço a todos e a todas que contribuíram direto ou indiretamente na minha jornada acadêmica. E também, sou grato a toda minha família por está sempre a meu lado nos momentos adversos e por dar-me oportunidade de ter uma educação digna.

RESUMO

O estudo sobre analogias e concepções espontâneas no Ensino de Ciências é um tema frequentemente debatido por pesquisadores. Atualmente pesquisas sobre analogias são desenvolvidas e analisadas para melhorar o Ensino de Física no Ensino Médio, assim como na Universidade. Essas investigações são, na maioria das vezes, construídas através de observações de aulas e livros didáticos. O presente trabalho trata de uma análise da analogia do Sistema Planetário utilizado para explicar o Modelo Atômico de Bohr. Em primeiro lugar, realizamos uma investigação se essa analogia é usada como ferramenta didática em livros de Física do Ensino Médio. Em seguida, foi feita uma entrevista semiestruturada com docentes que atuam no Ensino Médio da Rede Estadual sobre o sistema planetário como modelagem semelhante para estudar o átomo de Niels Bohr. Após as análises dos dados, foi feito um estudo reflexivo sobre a aplicação de analogias em aulas baseado no modelo Teaching With Analogies (TWA), elaborado por Shawn Glynn, e foi construída uma proposta para utilização do sistema planetário como analogia, que pode ser explorada por professores do Ensino Médio ou por autores de livros didáticos que desejem estudar o Átomo de Bohr. As observações feitas nos auxiliaram a compreender o quanto as analogias e metáforas foram importantes para o desenvolvimento da sociedade, bem como, para o crescimento dinâmico da Ciência. Portanto, a pesquisa nos reforçou a importância das analogias, especialmente para tratar de assuntos complexos, mas também nos proporcionou percepções sobre os conceitos e cuidados que devemos ter ao explorar metodologicamente uma analogia.

Palavras-chave: Analogia. Átomo de Bohr. Ensino médio.

ABSTRACT

The study of analogies and spontaneous conceptions in Science Teaching is a subject frequently debated by researchers. Currently research on analogies is developed and analyzed to improve the teaching of physics in high school, as well as at the University. These investigations are mostly built through classroom observations and textbooks. This paper deals with an analysis of the Planetary System analogy used to explain Bohr's Atomic Model. First, we conducted an investigation into whether this analogy is used as a teaching tool in high school physics textbooks. Then, a semi-structured interview was conducted with teachers who work in State High School about the planetary system as a similar modeling to study the Niels Bohr atom. After the data analysis, a reflective study on the application of analogies in classes based on the Teaching With Analogies (TWA) model, developed by Shawn Glynn, was made, and a proposal was built to use the planetary system as an analogy, which can be explored by high school teachers or textbook authors who wish to study Bohr's Atom. The observations made helped us to understand how important analogies and metaphors were for the development of society, as well as for the dynamic growth of science. Therefore, research has reinforced the importance of analogies, especially in dealing with complex issues, but also provided insights into the concepts and cautions we should take when exploring an analogy methodologically.

Keywords: Analogy. Bohr's atom. High school.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Obras escolhidas para análise	23
Quadro 2 – Perguntas da entrevista	24
Quadro 3 – Livros que foi encontrada a analogia	28
Quadro 4 – Resumo da pergunta dois e as respostas obtidas	32
Quadro 5 – Resumo da pergunta quatro e as respostas obtidas	34
Quadro 6 – Resumo da pergunta sete e as respostas obtidas	36

LISTA DE SIGLAS

EREMPAF	Escola de Referência em Ensino Médio Professor Antônio Farias
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais +
PNLD	Programa Nacional do Livro e Material Didático
TWA	Teaching With Analogies – Ensinando com analogias

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Analogias e metáforas: aplicações na construção histórica da ciência	15
2.2	A evolução histórica dos modelos atômicos nos livros didáticos	18
3	METODOLOGIA	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1	Aplicação do instrumento de pesquisa	29
4.2	Análises dos dados inferidos	29
4.3	Análises das entrevistas	32
5	PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA PLANETÁRIO COMO ANALOGIA PARA ESTUDAR O MODELO ATÔMICO DE NIELS BOHR	40
5.1	Explorando a analogia entre os modelos	40
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	47
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	50
	APÊNDICE A – ENTREVISTA COM O DOCENTE E RESPOSTAS	52
	APÊNDICE B – ENTREVISTA COM O DOCENTE E RESPOSTAS	57
	APÊNDICE C – ENTREVISTA COM O DOCENTE E RESPOSTAS	62

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos vinte anos, o ensino médio tem sido frequentemente objeto de debates nos fóruns de educação, especialmente para se debater a inserção de conteúdos tecnológicos e científicos no currículo das disciplinas de ciências. Para essa nova abordagem tornou-se indispensável aos professores e materiais didáticos adotarem atividades didáticas e metodologias que proporcionem uma melhor interpretação desses conceitos. Neste sentido, são desenvolvidas e trabalhadas várias metodologias para trazer o aluno para o mundo científico, pensando também em tornar o ensino eficaz.

Um dos recursos didáticos adotados pelos professores, de praticamente todos os níveis de ensino, é a analogia. Essa forma de abordar conceitos sobre ciência é objeto de estudo de alguns pesquisadores no ensino das ciências. O estudo de Lara (2014, p. 24) aponta que: “não se sabe ao certo em que momento as analogias foram utilizadas na construção do intelecto social, entretanto suas raízes estão no nascimento do homem na qualidade de um ser racional provido de discernimento.”

Sabe-se que muitas analogias são utilizadas com frequência no ensino de ciências, algumas delas citadas a seguir:

[...] a analogia de um elevador em queda livre que Einstein teria usado para formular o Princípio de Equivalência da Gravidade e da Inércia; a metáfora da árvore da vida, usada por Darwin em “A Origem das Espécies” para explicar a sucessão das espécies a partir de um “tronco” comum a todas; a analogia dos elementos químicos com cartas de baralho, feita por Mendeleev, na elaboração da Lei Periódica e desenvolvimento da Tabela Periódica e; as Oitavas de Newlands, também no estudo das propriedades periódicas dos elementos. (LARA, 2014, p. 25).

Assim, a analogia é um produto didático que adentra a sala de aula em todo estudo tomado como complexo, fazendo uso de conceitos análogos que possivelmente são de conhecimento dos escolares, visando facilitar o ensino e despertar a curiosidade sobre os fenômenos científicos. É importante se questionar até que ponto o conceito análogo é válido, pois estudos apontam que esses conceitos podem se tornar concepções espontâneas (DUIT, 1991) e adversidades epistemológicas (OLIVEIRA, 1992), ou seja, quando tratados na perspectiva da epistemologia bachelardiana, os conceitos análogos poderiam obstruir a aprendizagem dos estudantes.

Alguns pesquisadores, como Lara (2014), destacam que as analogias são de fundamental relevância no ensino e aprendizagem de temas complexos nas áreas científicas. Ainda sobre as pesquisas educativas acerca de analogias, tem-se o modelo Teaching With Analogies (TWA) que foi desenvolvido por Glynn (1991). Esse modelo apresenta passos sequenciados para uma melhor forma de explorar a analogia. Assim, a utilização de analogias por professores e autores de livros didáticos pode ser caracterizada por etapas:

Introduzir o assunto-alvo a ser aprendido; Sugerir aos estudantes a situação análoga; Identificar as características relevantes do análogo; Mapear as similaridades entre alvo e análogo; Identificar onde a analogia falha; Esboçar conclusões sobre o alvo. (SCHEID; HOFFMANN, 2007, p. 26).

Duarte (2005) alerta que os livros didáticos trazem analogias defeituosamente preparadas, bem como, não deixam explícito a origem de tal analogia. Têm-se também os estudos feitos por Oliveira (1992), que desaprovam muitas das correspondências análogas em livros didáticos brasileiros, uma vez que, do ponto de vista bachelardiano, usar analogias e metáforas como um “substituto para a abstração” possibilita esconder a construção do pensamento científico.

Nesse sentido, uma analogia frequentemente encontrada em aulas de Física Moderna do ensino médio, é a utilização do sistema planetário – como conceito análogo - para estudar o átomo de Bohr. O átomo de Bohr é uma parte que integra conteúdos da Física Moderna. Logo, o estudo sobre essa temática é colocado em livros de Física do Ensino Médio, seguindo às orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN - Brasil, 2000). Portanto, a abordagem didática desse tema é artefato investigativo no ensino de física, principalmente porque a sua inserção no ensino médio ainda pode ser considerada recente.

Já o conceito de sistema solar é de fundamental importância para o desenvolvimento da ciência, inserido no PCN que trata do currículo do ensino fundamental, no tópico Terra e Universo:

“Como é e como funciona o Universo?”, ao longo da História construíram-se modelos para explicar a Terra e o Universo, sendo de grande importância a transição para o modelo heliocêntrico, desenvolvido por Copérnico, pois levou-se séculos para desenvolver uma alternativa ao ponto de vista geocêntrico, de Ptolomeu. A ruptura só foi possível por mudanças de perspectiva no olhar. O Sistema Solar só foi concebido quando se imaginou sair da Terra e poder olhar de longe o conjunto de planetas movendo-se em torno do Sol. Isto significa um esforço gigantesco para se imaginar um centro de observação que não coincide com o lugar onde se está concretamente. (PCN – Brasil, 1998, p. 38).

Ao datar dos primórdios da sociedade, o sistema planetário atraía e despertava a curiosidade de filósofos. A partir das lunetas, Galileu foi um dos primeiros a buscar evidências experimentais que comprovassem o modelo planetário. Entretanto, quando os educandos ingressam no ensino médio e começam a estudar física, percebe-se a fragilidade em dominar os conceitos e características do mecanismo planetário.

Assim, para utilizar o modelo planetário, como um conceito análogo, é importante que os alunos já tenham uma breve interpretação construída sobre os conceitos e particularidades do universo abordado nos anos anteriores. Caso contrário, acredita-se que o estudo sobre o átomo por meio dessa analogia poderá se tornar ainda mais complexo.

Face ao exposto, a presente pesquisa se justifica pela necessidade de refletir se nos estudos de Física Moderna no ensino médio o tema átomo é diligenciado de maneira que os alunos apreendam o conteúdo corretamente, já que os professores tem pouco tempo e os alunos não dispõem de ferramentas matemáticas adequadas para abordagens mais aprofundadas. Partindo desse pressuposto, neste trabalho, tem-se o seguinte questionamento: o ensino realizado por meio da analogia do sistema planetário é suficiente para estudar o átomo de Bohr no ensino médio? Para responder essa pergunta, temos como objetivo geral realizar uma investigação de como a analogia com o sistema planetário é utilizada como ferramenta didática no Ensino Médio, para estudar o modelo atômico de Bohr. Como objetivos específicos têm-se: analisar se a analogia do sistema planetário é um método adequado para ensinar/aprender o conteúdo átomo de Bohr; verificar as concepções dos professores que atuam no ensino médio sobre utilizar analogias no ensino; identificar se a analogia é uma boa ferramenta didática para abordar assuntos mais complexos no ensino de física; e a partir disso, identificar casos em que os livros didáticos alertem para possíveis interpretações erradas sobre o assunto alvo e o tema análogo.

O presente estudo foi construído/desenvolvido na Escola de Referência em Ensino Médio Professor Antônio Farias (EREMPAF), na cidade de Gravatá-PE. Tem-se como proposta responder a pergunta postulada acima, trazendo argumentos históricos, bem como as análises e argumentos trazidos em livros didáticos de física do ensino médio, e também as colocações feitas por professores, a partir de uma entrevista semiestruturada. Além disso, pretende-se construir uma proposta, que

possa ser utilizada por professores, sobre o átomo de Bohr, utilizando-se da analogia do sistema solar de maneira cuidadosa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo trazemos uma contextualização das aplicações e explorações das analogias e metáforas na construção histórica da ciência. Enumeramos algumas teorias que exploraram outros princípios já consolidados para uma melhor interpretação de conceitos novos. Por fim, buscamos mostrar um olhar histórico da evolução dos modelos atômicos nos livros didáticos.

2.1 Analogias e metáforas: aplicações na construção histórica da ciência

Com a necessidade de se estudar temas complexos na constante evolução científica, os pesquisadores buscavam maneiras que facilitassem a interpretação e entendimento de eventos que surgiram em vários estudos da biologia, química, matemática e física. Desta maneira, expressões linguísticas foram adaptadas e reformuladas no meio científico, com o intuito de expor ao público conhecimentos e descobertas. Assim, para Platão, o mundo celestial teria o desígnio matemático lógico, na mecânica Newtoniana as grandezas físicas são doutrinas vinculadas a ideias genéricas de referenciais. Em consequência desses apontamentos, pode-se inferir que a linguagem analógica e metafórica aparece não somente na ciência, bem como nas ciências humanas, que também fazem uso da mesma, como na Literatura, Filosofia, Sociologia e História (ABDOUNUR, 2002).

No decorrer evolutivo da sociedade, a maneira de se comunicar sofreu inúmeras mudanças e variações. Não se sabe ao certo em que momento foram usadas figuras de linguagem, como a analogia e a metáfora para explicar ou exemplificar determinado assunto (JUNGES, 2010). Porém, uma definição grega trata analogias como sendo uma relação sobre dois assuntos que tem características proporcionais. Na ciência há bastantes ideias que usaram analogias, para um melhor passo na compreensão entre fenômenos múltiplos (DUARTE, 2005). Apesar de encontrarem-se inúmeras analogias e metáforas na ciência, é evidente que a química, bem como, a física, são as ciências que mais fazem uso de artefatos figurados (LARA, 2014).

Atrelado à linguagem, se tem o pensamento, desenvolvimento cognitivo e intelectual do homem, bem como emoções e desejos. Tudo isso são instrumentos primordiais na evolução psicológica do ser, conseqüentemente acabam por

influenciar diretamente na construção do pensamento crítico, social e científico (VIGOTSKII; LURIA; LEONTIEV, 2012).

Com o crescimento exponencial da ciência entre o final do século XIX e o início do século XX, a demanda por figuras dialéticas tornou-se quase que indispensável para as áreas educacionais e tecnológicas. Sendo assim, pode-se ressaltar que as analogias e metáforas estão ligadas diretamente a sala de aula, proporcionando aos educandos o desenvolvimento mental informal para compreender modelos teóricos com um alto nível de abstração, assim como, os cientistas por vezes pensam por meio de analogias.

A exploração de designíons verbais na fala é inevitável. Nagem, Carvalhaes e Dias (2001), detalham um rol pluralístico no que concerne ao uso de analogia e metáfora na formação científica por toda comunidade pesquisadora e educacional. É perceptível que diante de um vasto tema que atrai inúmeros pesquisadores, a figura denotativa que as analogias e metáforas criam foi ao longo do tempo fortificando e se tornou uma importante ferramenta para a ciência e para o ensino de ciências.

Conseqüentemente trabalhar o conteúdo científico na educação básica ou no ensino superior, em algum instante, faz com que professores e alunos se deparem com temas subjetivos e, desta forma, naturalmente será bastante provável que se usem analogias, metáforas e até mesmo contra-analogias. Entretanto, cabe aos professores estarem familiarizados com a figura de linguagem e usá-la de maneira adequada e lógica, em acordo com os limites entre objeto análogo e alvo.

Ainda à luz da construção científica, tem-se no eletromagnetismo a analogia sobre a eletrostática e o fluxo de calor. Segundo Pereira (2009), não era do interesse de Thomson interpretar analiticamente o que ocorreria nos vãos entre dois condutores, todavia a ideia de Thomson era evidenciar as potencialidades do uso desta analogia. Outros físicos também fizeram uso da linguagem comparativa, são eles Faraday, Maxwell, Dalton, Einstein e Bohr. Em seu livro *Principia* (NEWTON, 2004), faz uso de figuras de linguagem para elucidar os estudos com relação ao movimento orbital da Terra e o caminho que objetos traçavam.

A mecânica Quântica criada por Planck, Dirac, Heisenberg, Schrodinger e outros, também busca nas analogias e metáforas similaridades e conhecimentos prévios oriundos da mecânica Clássica para estudar a física molecular, a física atômica, e a física de partículas. Um exemplo do uso da linguagem figurada é que ao estudar o momento angular do spin foi feita uma analogia com o momento

angular orbital da Terra (GRIFFITHS, 2005). Além desse exemplo, tem-se o uso do oscilador harmônico simples como modelo análogo ao oscilador harmônico quântico. E também, podem-se destacar eventos ópticos, como modelos metafóricos para abordar tópicos da Física Quântica.

Em relação às analogias e metáforas, as mesmas podem ser usadas com desenvoltura, todavia o uso exacerbado podem ter como consequências, equivocadas interpretações, obstruções para o ensino e para o conhecimento tecnológico (LARA, 2014). Desta forma, é norteado como modelos o sistema solar, o momento angular, moléculas, modelos atômicos. Por conseguinte, esses exemplos acionados por meio de modelos mentais ou por meio de analogias fazem parte da constante mutação científica, assim pode-se deduzir que figuras de linguagens estão intrinsicamente ligadas a modelos criados para facilitar a interpretação de fenômenos abstratos.

Duarte (2005) explora que a analogia encontra-se amarrada à Filosofia da Ciência, posto que, mesmo numa visão positivista e neo-positivista as analogias têm um dever essencial no mundo heurístico da ciência, fornecendo dados e ideias interpretativas que possibilitam chegar-se a conclusões providas de argumentos teóricos e críticos que acompanharam a ciência até os dias atuais. Atrelado às palavras de Duarte, podemos citar eventos na Física Moderna que se valeram de interpretações críticas e teóricas, como Relatividade Geral de Albert Einstein, o Princípio de Incerteza de Werner Heisenberg, entre outros.

Quanto ao uso de analogias na Física Moderna, sua exploração está ancorada em pontos que direcionam conceitos idênticos (NAGEM; CARVALHAES; DIAS, 2001). De outro modo, devemos explicar as diferenças e similaridades à maneira que, seja possível interpolar o entendimento do assunto alvo. À vista disso, a aplicação de linguagens figurativas na corrida científica, tem função alternativa para abordar vários conteúdos. No que tange as funções das analogias e metáforas, sobressaem o livre arbítrio em agrupar domínios complexos para obterem-se explicações estruturadas e sustentarem hipóteses (JUNGES, 2010).

Mozzer e Justi (2015) chama a atenção para o uso de analogias no Ensino de Ciência e por consequência na montagem histórica científica, dando um exemplo em que o sistema solar é usado como analogia para estudar o átomo de Bohr, salientando para a hipótese em que a exaustiva exploração do análogo no ensino não pode extrapolar casualidades dentre os níveis correspondentes. Em decorrência

das palavras de Mozer e Justi, pode-se dizer que a desabalada ocorrência de ilustrações congêneres na ciência possibilita a propagação de ideias e concepções espontâneas equivocadas face ao conhecimento científico e tecnológico.

Pode-se mencionar que as analogias e as metáforas contribuíram para o desenvolvimento e exploração da ciência, mesmo recebendo algumas críticas de vários pesquisadores, o ensino e o estudo científico poderiam tornar-se ainda mais complexos e abstratos sem a usabilidade da dialética símil. Até então, o uso da linguagem é característica das múltiplas camadas sociais modernistas. Contudo, Vygotsky (1998) defende que as funções mentais são a base para a compreensão educacional, e que também a pessoa faz parte do meio social dinamizado e moderno, ao passo que o homem é ator principal das pedras encontradas no manuseio da linguagem analógica.

2.2A evolução histórica dos modelos atômicos nos livros didáticos

Para iniciar a narração da história dos modelos atômicos, usamos como base os livros didáticos de física usados na Escola de Referência em Ensino Médio Professor Antônio Farias, que faziam e fazem parte do Programa Nacional do Livro e Material Didático PNLD. Recorremos também a outras obras, que não fazem parte do PNLD, cujas obras são de pré-divulgação, onde são descritos alguns modelos atômicos que antecederam o modelo de Bohr.

Quando falamos da palavra átomo, a mesma tem origem grega e se refere a uma época em que significava algo como indivisível ou indestrutível. Coube a filósofos, como Aristóteles e Demócrito, as primeiras tentativas de explicar os mistérios que estavam por trás de pequenas partículas denominadas de átomos. Para Demócrito e outros filósofos daquela época o átomo não tinha gosto, sabor, cheiro e não era possível tatear. Conforme Peduzzi (2008), os estudos acerca do átomo passou um grande tempo adormecido, só em meados do século XVII os debates sobre o tema voltaram a incomodar a comunidade acadêmica.

No início do século XIX, um cientista chamado John Dalton publicou um trabalho chamado *Absorption of Gases by Water and Other Liquids* (Absorção de gases pela água e outros líquidos), do qual tirou interpretações que levaram a explanação de que o átomo era composto por pequenas esferas rígidas, totalmente unificada, indestrutível e que, portanto, o átomo era a menor parte da matéria. Na

busca para facilitar o entendimento sobre este modelo, foi feita uma metáfora entre o modelo de Dalton e uma bola de bilhar, posto que uma bola de bilhar seja bastante homogênea. Qualquer semelhança no que concerne, essa metáfora posteriormente tornou-se uma analogia (ANDRADE, *et al*, 2014), pois às mesmas estão ligadas a manobras que possibilitam a compreensão e a explicação do professor e potencializam uma aprendizagem de caráter científica aos alunos.

Mais tarde, Joseph John Thomson, com uma experiência com tubos de raios catódicos, conseguiu mostrar a existência de elétrons distribuídos em volta do núcleo atômico, modelo conhecido como “pudim de passas”. Essa analogia é recorrente em aulas de física e química no ensino médio, bem como aparece em livros didáticos, mesmo assim, essas características precisam ser mais elaboradas e detalhadas (ANDRADE, *et al*, 2014). Segundo Bachelard (1996), qualquer interpretação dúbia sobre o uso de analogias pode levar o aluno a criar barreiras e estagnação na desenvoltura do conhecimento científico.

A respeito do modelo atômico de Rutherford, que em ordem cronológica antecede o modelo descrito por Niels Bohr. Ernest Rutherford investigando os trabalhos de Thomson a cerca do átomo, conseguiu construir um aparato experimental que foi capaz de lançar partículas alfas na direção de folhas de ouro e prata. Consequentemente ele observou que algumas migalhas eram ricocheteadas em várias direções. Com a finalidade de interpretar o evento que estava diante de seus olhos, o mesmo concluiu que o átomo não portava elétrons agrupados na redondeza.

Com a intenção de facilitar a interpretação dos fenômenos descobertos por Rutherford, foi criada uma analogia, corriqueiramente usada em aulas no ensino médio e superior. Essa comparação é feita com o modelo do sistema planetário, que mais tarde também é a analogia usada para estudar o átomo de Bohr. É evidente que não é errôneo usar esta figura de linguagem, dado que características semelhantes existem nos dois modelos. Mas, é primordial dar atenção ao fazer uso desta analogia, uma vez que, Bachelard é bastante enfático com os efeitos da linguagem uniformizada.

Rutherford utilizou-se da estrutura do sistema solar para explicar que os elétrons estão em uma órbita em torno do núcleo carregado positivamente. Assim, os elétrons se comportavam como os planetas ao redor do sol. Pode-se então levantar a seguinte questão, já que os elétrons se comportam como os planetas,

será que os mesmo giram em torno de seu próprio eixo? Indagações como essa podem surgir em uma aula, e é esperado que o docente esteja preparado para solucionar perguntas como esta e outras. Daí aparece a cautela que se deve ter com as linguagens uniformizadas. Caso contrário, essa analogia pode ser um obstáculo cognitivo e epistemológico, como define Bachelard em sua obra *A Formação do Espírito Científico*.

O modelo elaborado por Niels Bohr entre os anos de 1912 a 1914, o fez alcançar um lugar de destaque no célebre mundo científico. Em 1922 Bohr foi premiado com o Nobel de Física pela sua fantástica interpretação do modelo atômico. Bohr percebeu que os elétrons se comportavam em órbitas que intrinsicamente estavam atreladas a valores quantizados de energia, uma vez que, pode-se notar, um momento angular que depende de um número quântico n , tal qual n pode assumir valores $1,2,3,\dots, n+1$.

Não obstante, livros didáticos fazem emprego do paradigma planetário para estudar o átomo. Todavia, sabe-se que Bohr não abandonou a engrenagem do sistema solar para solucionar alguns empecilhos – como os elétrons (planetas) a orbitar o núcleo (sol) – conquanto, por meio de radiação os elétrons perdem energia, esse fenômeno é um dos principais problemas do uso dessa analogia. Assim, ao irradiar um quantum de luz, o elétron salta para outra órbita, esse fenômeno não acontece com os planetas. Então se chega a um dos limites da analogia que os livros não explicitam. Destarte, segundo Duarte (2005), problemas como o descrito acima podem levar os alunos a centrar-se apenas nas informações positivas da analogia e descartar as limitações entre o domínio familiar e o inexplorado, ou seja, o ponto alvo do estudo.

Finalmente, no que diz respeito à evolução histórica do modelo atômico de Bohr nos livros didáticos, tem-se como base os Parâmetros Curriculares Nacionais que dizem:

A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos. (PCN, Brasil, 2000, p.26).

Note que, quando o PCN menciona: “(...) abordagem quântica da estrutura da matéria”, o modelo atômico de Bohr está incluído ocultamente nesta passagem. Portanto, como resultado, os livros didáticos obrigatoriamente precisariam abordar

os modelos atômicos e seguir as regras do Programa Nacional do Livro e do Material Didático PNLD (2018), que no edital do ano de 2018, coloca como um dos princípios e critérios de avaliação para ciências da natureza, junto ao conteúdo de Física o seguinte trecho:

[...] com o advento da Teoria da Relatividade Restrita e das primeiras teorizações em Física Quântica, no período compreendido de fins do século XIX até as primeiras décadas do século XX, surge outro conjunto de conhecimentos, hoje comumente denominado Física Moderna e Contemporânea. (PNLD - Brasil, 2018, p. 54).

Perceba que, dentro da teorização da Física Quântica estão os modelos atômicos. Com relação ao PCN+, o mesmo discute a importância de se estudar os modelos atômicos e suas correlações com a formação da matéria permitindo-se assim, uma contextualização dos fenômenos físicos PCN+ (2002). Desta maneira, pode-se inferir que os livros deveriam acompanhar o que pede o PCN+ e também o que é pedido no edital do PNLD. Além disso, a historicidade evolutiva dos modelos terá que acompanhar o crescimento exponencial da ciência, por isso a necessidade de figuras ilustrativas com designer futuristas, que poderá proporcionar aulas mais dinamizadas e atrair a atenção dos alunos.

A despeito das aulas de Física no ensino médio, os professores têm o livro didático como o principal produto para explicar os assuntos de Física Moderna, aja visto a falta de um laboratório adequado para práticas experimentais. Por conseguinte, o aluno fica retido apenas ao livro para tomar conhecimento dos assuntos da Física Moderna, bem como, das aplicações tecnológicas no dia a dia (BASSO, 2009). Diante deste cenário, nota-se que um dos mais importantes conteúdos no que tange a Física Quântica, é o modelo atômico de Niels Bohr, parte primordial para o prosseguimento dos estudos da Quântica, pois é de onde advêm os conceitos de que as órbitas eletrônicas dependem da quantização, cuja energia do elétron está moldada em um múltiplo de um *quantum*.

Após essa breve explanação dos programas que trabalham e moldam as escolhas dos livros didáticos, alguns outros pontos na escolha e seleção precisam ser levados em conta.

Conforme Basso (2009) deve-se levar em conta o meio histórico do tema inserido, premissas gerais como quadros, lembretes, exercícios, ilustrações, e alerta para idealizações de concepções empiristas. Basso também destaca que os livros abordam o modelo de Bohr fazendo uma breve historicidade de modelos que o

antecederam o de Bohr, mostrando erroneamente que a construção teórica feita por Bohr é baseada em dois postulados, sendo que isso está incorreto, já que, na verdade, ele usou mais de dois postulados.

É notável a importância dos livros didáticos, tanto para o professor quanto para o aluno. Desta maneira, há uma preocupação no grande arcabouço teórico e metodológico que o livro propicia para os alunos, cabendo ao professor filtrar os melhores paradigmas científicos, na busca de proporcionar aos educandos uma formação básica sobre os modelos atômicos, em especial o átomo de Bohr, haja visto seja um marco no desenvolvimento científico e filosófico na Física Moderna. Assim podem-se formar cidadãos que conhecem um pouco da construção tecnológica que é usada nos dias atuais e também oportunizar o desenvolvimento de um pensamento crítico social de temas da ciência que estão em evidência na mídia e na sociedade.

Portanto, pode-se dizer que os livros terão que ser frequentemente inovadores ao abordar qualquer assunto. No caso desta pesquisa, o modelo atômico de Bohr, é apresentado como uma analogia o sistema planetário, mas não pode deixar de ser apresentado também conceitos, postulados, resultados matemáticos e interpretações que fundamentam tal teoria. Junto a tudo isso, incumbe-se ainda a necessidade de apresentar o contexto social de desenvolvimento da teoria e as relações dela com o contexto em que o aluno está inserido, o que não é levado tão em conta nas obras literárias.

3 METODOLOGIA

O método investigativo que fundamenta esta pesquisa apresenta similaridades com métodos de análise qualitativos, apresentados por Minayo (2000). São apresentadas algumas etapas, que nesta pesquisa serão representadas em três momentos: etapa de busca, na qual é definido o problema da pesquisa, o objeto de estudo e os objetivos específicos; etapa de coleta de dados, momento em que se buscam informações com relação ao objeto de pesquisa, neste caso trata-se da análise de livros didáticos e as entrevistas semiestruturadas, e por fim; etapa de análise dos fatos. Desta forma, podemos dizer que após as etapas acima a peça principal de uma pesquisa é definir o evento ou fenômeno que se pretende estudar.

Podemos assim caracterizar este trabalho, como uma pesquisa qualitativa de modo que, trata de uma atividade que busca significados e resultados nas informações coletadas por meio de observação e entrevistas (OLIVEIRA, 2014). A pré-análise dos materiais seguiu os passos enumerados por Bardin (1977), segundo o qual:

[...] a escolha dos documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. [...] a escolha de documentos depende dos objetivos, ou, inversamente, o objetivo só é possível em função dos documentos disponíveis [...] (BARDIN, 1977, p. 95-96).

Conforme Bardin, os documentos desta pesquisa serão livros didáticos, teremos como ideia central analisar o tópico que trabalha com o modelo atômico de Niels Bohr, uma vez que, esse ponto está ligado diretamente com os objetivos que pretendemos alcançar. Além disso, propomos também a realização de uma entrevista traçada para professores de Física do Ensino Médio, que tem caráter excepcional nesta pesquisa, já que acreditamos ser importante ter acesso também às práticas de sala de aula, que apenas com a exploração dos livros não será alcançada com êxito.

Sendo assim, nosso campo de pesquisa abrange sete livros didáticos, do qual três fizeram e fazem parte do PNLD. São eles: Compreendendo a Física; Ser Protagonista; Física aula por aula. Eletromagnetismo/Física Moderna. Os detalhes das obras estão no Quadro 1. Grandes partes dos autores desses livros didáticos são especialistas em Educação, Ciências e também são licenciados em Física.

Quadro 1 - Obras Escolhidas Para Análise

Autor:	Livro:
Alberto Gaspar	Compreendendo a Física
Angelo Stefanovits	Ser Protagonista
Benigno Barreto Filho; Claudio Xavier	Física aula por aula. Eletromagnetismo/Física Moderna
Gualter José Biscuola; Newton Villas Bôas	Física Eletricidade Física Moderna
Carlos Magno; Nicolau Gilberto	Física Ciência e Tecnologia
Maurício Pietrocola	Física em Contextos
Oswaldo Guimarães	Física Eletromagnetismo e Física Moderna

Fonte: autor (2019).

Neste momento da pesquisa é primordial afinar o que é pretendido estudar, uma vez que um campo quilométrico pode levar a interpretações equivocadas e também pode ocorrer desvio dos objetivos traçados. Desta maneira, os dados obtidos com a investigação devem ser explorados de maneira que proporcione inferir significados a priori válidos, bem como, possibilitem ser usados como base para uma análise subsequente. (BARDIN,1977).

À vista disso, pode-se dizer que todos os elementos de uma pesquisa devem estar interligados, pois a interpretação dos resultados obtidos potencializam conclusões pertinentes a respeito dos objetivos traçados, todavia o pesquisador poderá reorganizar sua busca, para uma melhor adaptação dos registros inesperados que eventualmente surgirem no decorrer do trabalho. Assim, conforme Cellard (2008) a verificação dos registros deve ter uma correlação com o questionamento da pesquisa.

Em complementação aos dados dos livros, optamos pela realização de uma entrevista com docentes atuantes na rede pública de ensino de Pernambuco, mais precisamente da Escola de Referência em Ensino Médio Professor Antônio Farias da cidade de Gravatá-PE. Com relação à escolha dos docentes, restringimos à entrevista apenas aos professores que lecionam o conteúdo de física, uma vez que isso deverá ter correlação com os objetivos específicos que futuramente venhamos a ter êxito.

Devido a maior parte das entrevistas trabalharem com pessoas, a análise desse conteúdo de acordo com Moraes (1999, p. 9), “não deve limitar-se à descrição. É importante que procure ir além, atingir uma compreensão mais aprofundada do conteúdo das mensagens através da inferência e interpretação”.

Quanto à entrevista que compôs essa pesquisa, foram elaboradas perguntas semiestruturadas e abertas, com total liberdade para os entrevistados expor ideias sobre como se valem das analogias para explicar conceitos considerados abstratos, como é o caso do átomo de Bohr. Os registros das entrevistas foram realizados por escrito. O Quadro 2 apresenta as perguntas que foram realizadas aos docentes.

Quadro 2 – Perguntas da entrevista

<p>1. Em relação ao ensino de física, muito se discute sobre o uso de analogias em sala de aula. Segundo Nagem (2003) “... as analogias e metáforas estão presentes em quase todas as atividades humanas que vão desde as pesquisas científicas até a sua divulgação, seja de forma oral ou escrita.” Com relação a esta temática (analogias), as mesmas são amplamente usadas no ensino de ciências. Ao considerar a sua experiência em sala de aula, quais os temas na física, desde a física clássica até a física contemporânea, em que o uso de analogias facilita as atividades na sala de aula? Dê um ou dois exemplos.</p>
<p>2. As analogias são compreendidas como sinônimo de outras concepções, como metáforas e modelos. Exemplo: “... a metáfora da árvore da vida, usada por Darwin em “A Origem das Espécies” para explicar a sucessão das espécies a partir de um “tronco” comum a todas.” Nesse sentido, elas possuem limitações e aproximações. Você considera importante fazer essas considerações aos alunos? Acredita que em alguns casos a analogia possa favorecer o conceito de senso comum e não o conceito científico? Dê exemplos.</p>
<p>3. Sabemos que os livros didáticos também fazem uso de analogias para abordar alguns assuntos.</p> <p>Exemplo:</p> <p>“O modelo atômico elaborado por Thomson diz que: A carga positiva estaria distribuída por todo o átomo, como um pudim recheado de ameixas.”</p>

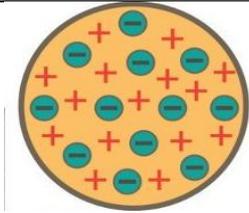


Imagem 1



Imagem 2

Analogia encontrada no livro – *Física aula por aula* – (p. 242), imagens da internet.
O livro integra o *Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD)*.

O (A) senhor-(a) usa essas analogias, sugeridas nos livros didáticos? Com que frequência? Em sua opinião, elas são bem elaboradas e trazem alguma referência sobre suas limitações? Se não usa explique alguns motivos.

4. Como profissional da área, o (a) senhor-(a) deve saber das dificuldades de se trabalhar assuntos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, principalmente por conta da complexidade de alguns conceitos. Em qual desses exemplos o (a) senhor-(a) compreende que a analogia é uma boa ferramenta para abordar tais assuntos:

I. **Princípio de Equivalência da Gravidade e da Inércia. “... um elevador em queda livre que Einstein teria usado...”** () ruim () regular () bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

II. **O átomo de Bohr... “O átomo de Bohr e o sistema planetário”** () ruim () regular () bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

III. **Partículas elementares... O modelo do átomo de Thomson “o pudim de ameixas”, partículas alfa atravessando “o pudim de passas”** () ruim () regular () bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

5. Alguns livros didáticos e professores usam o sistema solar como analogia para estudar o átomo de Bohr. Por que está relação é mostrada nos livros ou usada por professores? Quais as semelhanças?

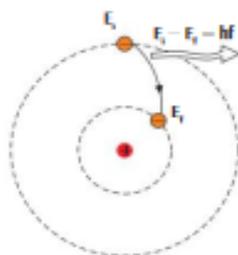


Imagem do livro “Física aula por aula” (p. 221).

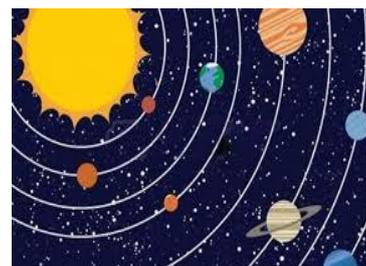


Imagem da internet.

6. Em qual desses níveis estaria a analogia proposta no item 5?

Simple: o estudo é feito apenas comparando (ilustração) o conceito análogo (sistema solar), com o modelo atômico de Bohr conceito alvo. ()

Enriquecida: Conceitos análogos e alvo são explicados, bem como é justificado os motivos para sua utilização (semelhança) e também podem existir limitações na aproximação. ()

Estendida: quando várias semelhanças dos conceitos são usadas para aproximá-los (análogo e alvo), ou são usados outros meios para explicar o mesmo estudo. ()

7. Os modelos são frequentemente utilizados em situações de ensino, o papel das analogias vai além de uma simples função como ferramenta de ensino. Em sua opinião as analogias contribuíram para o desenvolvimento da ciência? Ela é uma boa ferramenta didática para o ensino de física?

Fonte: autor (2019).

Nos livros selecionados, procuramos pelo capítulo que trata sobre o átomo de Bohr para, em um primeiro momento, verificar se o sistema planetário é utilizado como modelo análogo para abordar o assunto alvo. Quando encontrada a analogia, verificamos se a analogia encontra-se em alguns dos níveis categorizados por Glynn, bem como, se esta analogia é simples, enriquecida e estendida. Pois, segundo Ferraz e Terrazzan (2003), as analogias enriquecidas e estendidas têm por característica própria seguir alguns dos passos descritos por Glynn. Ademais, as perguntas cinco e seis da entrevista com os docentes são fundamentais, no que concerne, a exploração desta analogia em sala de aula, como uma maneira de compreender a sua utilização por professores em suas aulas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciaremos esta etapa identificando os livros analisados como: L₁; L₂; L₃; L₄; L₅; L₆ e L₇. O intuito desta identificação é facilitar o desenvolvimento das discussões e ocultar os nomes dos livros neste momento. Desta forma, tomaremos com base teórica o trabalho de Glynn (1991) que é descrito por Scheid e Hoffmann (2007) como sendo os pontos principais na aplicação de uma analogia, tanto pelos professores como também nos livros didáticos. Portanto, entendemos que é importante descrever os seis pontos chave na exploração de uma analogia segundo os teóricos supraditos.

O passo um, trata da introdução do assunto alvo em questão. Entendemos que é preciso explorar o contexto histórico que deu origem ao tema central, bem como salientar também a historicidade da figura semelhante que será usada para facilitar a ligação entre o assunto alvo e o correspondente.

No passo dois, após dialogar sobre o assunto primário, segundo Glynn (1991), é preciso sugerir o análogo. Em vista disso, na definição da figura símil é preciso empregar um tema já conhecido pelos alunos, caso contrário acreditamos que será difícil valer-se da analogia.

A frente no passo três, é preciso identificar as características semelhantes entre alvo e análogo. Neste momento é importante destacar o que é mais importante na comparação, explorar duas ou três paridades existentes, sem perder de vista o motivo principal do estudo em questão.

Na sequência no passo quatro, devem-se mapear com cautela as similaridades. Nesse passo, devem-se ficar claro as principais semelhanças entre o assunto alvo e o evento análogo.

Em seguida indicar onde a analogia falha, nesse passo cinco é anunciada os eventuais problemas que pode existir caso o estudo fique atrelado somente às características correspondentes.

Por fim, no passo seis é necessário esboçar colocações para evitar pensamentos equivocados acerca do tema e por fim, deixamos os educandos formarem suas próprias conclusões acerca do tema. Então, na medida em que, os alunos misturarem as ideias convém ao docente nortear o pensamento e as conclusões inferidas pelos alunos.

4.1 Aplicação do instrumento de pesquisa

Os dados que envolvem esta pesquisa serão identificados em quadro. Para indicar se os livros trazem os passos elaborados por Glynn na utilização de analogias, a célula aparecerá preenchida pela cor cinza. Dito isto, a pesquisa mostrou que em três obras não é citado o sistema planetário como analogia, no tópico que trabalha o modelo atômico de Niels Bohr. É importante salientar que esses passos elaborados por Glynn, foram construídos a partir de observações do uso de analogias em aulas e livros.

Quadro 3 – Livros que foi encontrada a analogia

	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇
Passo 1 - Introduzir o assunto-alvo;							
Passo 2 - Sugerir o análogo;							
Passo 3 - Identificar as características relevantes do alvo e análogo;							
Passo 4 - Mapear similaridades;							
Passo 5 - Indicar onde a analogia falha;							
Passo 6 - Esboçar conclusões.							

Fonte: autor (2019).

4.2 Análises dos dados inferidos

Sabemos da importância da analogia no que tange o ensino de Física, em especial na abordagem de assuntos complexos (LARA, 2014). Diante dessa premissa, o modelo atômico de Bohr não escapa da afirmação acima, já que

conceitos como estados estacionários, elétrons em órbitas, quantum de luz podem causar dificuldades aos alunos.

A análise feita nos sete livros mostrou que três deles não coloca nenhuma forma de analogia para abordar o átomo de Bohr. Com isso, podemos discorrer que ao trabalhar com esses livros, os professores terão a responsabilidade de criar meios didáticos para abordar esse conteúdo, caso desejem trabalhar o assunto por meio de analogias. Dessa maneira, os professores podem citar o sistema planetário como assunto análogo ao tema, esperando que tomem os devidos cuidados ao trabalhar com analogias, uma vez que na maioria das vezes, o caminho mais comum para a utilização das analogias é o de introduzir o assunto-alvo e as semelhanças na comparação. Conforme Duit (1991) e Oliveira (1992) esse fato potencializa pensamentos equivocados e oferece bloqueios na aprendizagem dos alunos, quando não é contemplado onde a analogia falha e também não é esboçado conclusões acerca dessa equiparação.

Os livros L₅, L₆ e L₇ exploram o tema desta investigação, com alguns pontos importantes destacados no Ensino de Física. Exploram a história do assunto-alvo, comentam sobre estudos que influenciaram o estudo de Niels Bohr e etc. Todavia, um fato que difere esses livros dos outros (L₁, L₂ e L₃) é a citação ou abordagem do sistema planetário como analogia usada para introduzir a modelagem atômica de Bohr, ainda que os livros não deixem clara a origem dessa correlação (DUARTE, 2005).

Com relação ao instrumento para caracterizar uma boa analogia, os livros L₅, L₆, e L₇ mostram alguns dos passos construídos por Glynn: passo 1 – introduzir o assunto alvo e o passo 2 – sugerir o análogo. Entretanto, podemos dizer que trazer essa equiparação na abordagem do conteúdo e não explorar a mesma pode dificultar ainda mais a aprendizagem do aluno. Os conhecimentos prévios dos estudantes do Ensino Médio acerca do sistema solar possivelmente estão adormecidos, já que, esse tema faz parte do currículo do ensino fundamental.

Face ao exposto, a exploração de conteúdos já vivenciados pelos alunos é importante no que diz respeito ao desenvolvimento humanístico, cognitivo, científico e social (VIGOTSKII; LURIA; LEONTIEV, 2012). Sendo assim, quando os livros L₅, L₆ e L₇ usam a analogia citada e não refinam a sua aplicação no tocante do assunto alvo, somos capazes de depreender que essa analogia aplicada é falha e ainda alimenta a formação de obstáculos na estrutura do saber científico (DUARTE,

OLIVEIRA, 2005, 1992). Além disso, as analogias que são mencionadas na introdução dos capítulos que tratam do modelo atômico de Bohr, podem se tornar metáforas, pois dão margem a entender que os autores apenas se preocuparam em dizer que tal analogia existe.

Se, cada vez mais os livros fazem uso de equiparações equivocadas, o aprendizado, no que tange a finalidade do ensino de física, fica próximo de formar conhecimentos puramente empíricos (BASSO, 2009), e tratando-se do assunto alvo desta pesquisa, a usabilidade das obras L₅, L₆ e L₇, apenas com base na analogia utilizada por eles, causa uma deformação teórica a respeito do trabalho feito por Niels Bohr. Desse modo, é importante que o docente preocupe-se em alertar aos alunos sobre a figura de linguagem que o livro traz, deixando claro o que é possível explorar com relação às similaridades, e ainda informando sobre as limitações de tal aproximação.

Podemos então expor que dos sete livros que compõem esta pesquisa, os livros L₅, L₆ e L₇ estão em um patamar acima dos livros L₁, L₂, e L₃. Pois, mesmo descrevendo as falhas com que apresentam a analogia, pelo menos, de alguma forma o assunto poderá ser conhecido pelos educandos por meio da analogia, possibilitando mais uma ferramenta para favorecer a sua compreensão. É importante destacar que não foi uma preocupação desta pesquisa considerar outras formas de abordar o assunto elementar, ou seja, não nos preocupamos em analisar exemplos, imagens e exercícios.

Seguimos com a análise do livro L₄ que é o único que apresenta o “Passo 3”. O livro sobredito destaca-se dos demais pelo fato de adequar-se em parte ao instrumento teórico que rege a pesquisa. Assim, nessa obra, os autores vão descrevendo o tema central, e já nos primeiros parágrafos o sistema planetário é anunciado como análogo ao assunto principal.

Os três passos primários que Glynn dá ênfase e que o livro traz consigo são: passo 1 – introduzir o assunto alvo; passo 2 – sugerir o análogo; passo 3 - identificar as características relevantes do alvo e análogo. Todavia, não é possível identificar nesta obra, assim como em nenhuma das outras, os passos 4, 5 e 6. Podemos então afirmar que nenhum dos livros que compõem este trabalho deixa claro os limites desta analogia, não indicam onde a analogia falha e não concluem.

Por consequência, constatamos com a exceção dos livros L₁, L₂ e L₃, que todos os outros trazem o sistema solar como breve análogo ao átomo de Bohr. No

entanto, somente apresentar essa analogia não é suficiente, pois, de acordo com Mozzer e Justi (2015), seu uso não deve romper às fronteiras circunstanciais quando tratamos dos pontos semelhantes. Assim, na medida em que os livros não alertam para os limites da analogia, a má aplicação deste instrumento de ensino potencializa nos alunos concepções despreziosas (DUIT, 1991) e barreiras de natureza epistemológicas (OLIVEIRA, 1992). Logo, os conceitos análogos explorados precocemente nos livros examinados podem tornar-se obstáculos na aprendizagem dos alunos (BACHELARD, 1996).

Depois de verificar os livros citados, percebeu-se que ao investigar documentos, é quase que inevitável surgir outros dados, que não se fazem presentes nos objetivos centrais da pesquisa. Todavia, entendemos que é importante abrir um espaço e destacar o que apareceu de novo. Esses dados novos, ou secundários, podem ser relevantes para compor outras pesquisas ou originar outros trabalhos: a forma de começar o assunto - átomo de Bohr - é bastante semelhante em todas as obras; os exercícios aparentam ser de cunho teórico – isto é, não exploram a matemática envolvida no assunto – esse ponto destacado possivelmente implica no fato de a matemática que envolve o fenômeno não ser trivial e também no fato de reconhecer as dificuldades que os alunos eventualmente têm em manusear as ferramentas matemáticas da física; o conteúdo mostra-se bastante resumido e são suprimidos e/ou esquecidos alguns postulados feitos por Bohr; não fica clara a importância do trabalho de Bohr acerca dos avanços científicos da época e a influência no mundo tecnológico em que estamos hoje; e por fim, a leitura do capítulo não parece agradável a um estudante.

Todos esses fatores colocados acima podem ser tidos como não importantes na formação do aluno, no que diz respeito o atual momento da educação do país. Apesar disso, os livros são instrumentos pioneiros na educação de um jovem. Então, se quisermos um país forte, economicamente e cientificamente, é com um livro bem elaborado e que proporcione uma leitura prazerosa que alcançaremos o fortalecimento do pensamento crítico, social e científico (VIGOTSKII; LURIA; LEONTIEV, 2012).

4.3 Análises das entrevistas

Com a finalidade de preservar a identidade dos docentes que aceitaram fazer parte desta entrevista, classificamos os mesmos como docentes A, B e C. Dessa maneira, a escolha dos entrevistados foi restringida apenas aos docentes que lecionam ou que tem experiência em lecionar física no Ensino Médio.

No que tange aos argumentos acerca da utilização de analogias em atividades humanas, restringimos o questionamento a sua aplicação no ensino de física, no intuito de facilitar e explorar interpretações que se relacionem com os objetivos desta pesquisa. Com relação ao eixo temático que a pergunta 1 foi indagada, podemos inferir que por meio das respostas obtidas, é na Física Clássica que são colocadas grande parte das analogias, com foco na Mecânica e no Eletromagnetismo. Como pode ser constatado nos conteúdos mencionados pelos entrevistados A e C: “*Lançamento de projétil e Queda livre faço analogia aos esportes*”, “*Eletromagnetismo e Dinâmica*”.

Este fato não está somente presente nas respostas dos entrevistados, Junges (2010) mostra em seu trabalho que essa tendência se apresenta frequentemente em livros didáticos também. Entretanto, os livros fazem aplicações das figuras consideradas semelhantes sem apontar para as limitações das analogias. Esse fato também é identificado na fala do entrevistado B: “*No estudo da pressão atmosférica o funcionamento de um barômetro pode ser relacionado à pressão que sentimos nos ouvidos ao mergulhar em uma piscina ou descer uma serra*”.

O trecho supracitado acima pelo docente é colocado como uma analogia. No entanto, entendemos que esse é um exemplo do cotidiano para descrever o assunto central ou ainda podemos caracterizar como uma metáfora, pois, é comum no ensino ocorrer essa confusão. Outra hipótese é que o docente não deve ter domínio suficiente sobre essa tentativa de descrever o assunto alvo por meio de uma analogia.

Quadro 4 – Resumo da pergunta dois e as respostas obtidas

<p>As analogias são compreendidas como sinônimo de outras concepções, como metáforas e modelos. [...] Nesse sentido,</p>	<p>- <i>A física por vezes, tem um caráter abstrato e com isso a analogia pode ajudar no processo de ensino aprendizagem.</i></p>	<p>- <i>O professor deve a partir da analogia, conduzir o educando do senso comum ao conceito científico.</i></p>	<p>- <i>Esse conteúdo é mais para os professores de biologia, mas o uso de analogias sempre facilita a aprendizagem</i></p>
---	---	---	---

<p>elas possuem limitações e aproximações. Você considera importante fazer essas considerações aos alunos?</p>	<p><i>Acredito que dependendo da abordagem pelo professor isto possa favorecer um entendimento do senso comum, mas tem muito haver também com a forma com que aluno enxergue a física.</i></p>		<p><i>do aluno.</i></p>
---	--	--	-------------------------

Fonte: autor (2019).

O Quadro 4 tem como ponto chave investigar o entendimento dos professores em relação às limitações e às aproximações, no uso de figuras similares. Em face de, apenas usar uma analogia, sem salientar suas fronteiras com o assunto-alvo, podemos estar criando apenas metáforas o que, como já dito, fortalece pensamentos dúbios e ainda criam pedras no aprendizado de conceitos científicos (DUARTE, 2005). Todavia, não apenas nas falas dos professores são constatados esses deslizos, mas também em todos os livros analisados neste trabalho, que não trazem nenhuma informação acerca dos limites e falhas do sistema solar como analogia ao tema-pioneiro. Essa passagem deixa claro que tanto os docentes, como os livros didáticos, não trabalham as possíveis interpretações erradas ocasionadas por não mostrarem até onde determinada comparação é válida. No entanto, as respostas dão a entender que as analogias são ferramentas que facilitam o aprendizado, independente de ser feita de maneira adequada ou não.

As perguntas dois e três têm um ponto em comum, quando fazem referência às limitações de figuras semelhantes. Na questão dois, era perguntado aos entrevistados se os mesmos consideram importante retratar essas barreiras em aula, porém nada foi respondido acerca deste tema. Entretanto quando questionado sobre a analogia do pudim de ameixas, no tocante do modelo atômico de Thomson, um dos entrevistados manifestou que essa similaridade é usada e que aparece tradicionalmente nos livros didáticos, no entanto, as limitações deverão ser apontadas. Já o entrevistado A diz que os livros hoje exploram essas limitações. Todavia, consideramos um equívoco a fala do entrevistado A, dado que, como

mostrado anteriormente neste trabalho e em outros investigados, os livros didáticos não se preocupam com essa questão.

Seguindo com as análises, a pergunta quatro da entrevista tem como ponto principal o item ii, que aborda o átomo de Bohr e o sistema planetário. Esse tópico tem relação direta com os princípios e objetivos que deram origem a este trabalho. Observamos que os questionados entendem que o sistema planetário é modelo “bom” para começar o assunto do átomo de Bohr. No entanto, as justificativas com relação ao assunto foram divergentes. Podemos então inferir que devido aos docentes B e C terem um maior tempo na rede regular de ensino, possivelmente os mesmos sabem das dificuldades de trabalhar a Física Moderna no Ensino Médio. Não obstante, o docente A mostra ter conhecimento do assunto quando relata sobre os níveis discretos de energia e as órbitas dos planetas como tema semelhante, mas destaca que abordar os números quânticos não é uma tarefa trivial.

Quadro 5 – Resumo da pergunta quatro e as respostas obtidas

<p>[...] Em qual desses exemplos o (a) senhor-(a) compreende que a analogia é uma boa ferramenta para abordar tais assuntos: [...]</p> <p>ii - O átomo de Bohr... "O átomo de Bohr e o sistema planetário" () ruim () regular () bom () ótima.</p> <p>Comentar sobre sua opção.</p> <p>[...]</p>	<p><i>(x) bom - Um comentário que podemos fazer é que: A analogia entre as órbitas dos planetas com os níveis discretos de energia assumidos pelos elétrons é uma boa. Porém é preciso explorar os números quânticos que às vezes não é tão simples.</i></p>	<p><i>(x) bom - Foi uma analogia boa para o momento histórico em que foi desenvolvida e para o desenvolvimento científico da época, porém com os avanços da experimentação, ficou claro algumas lacunas no modelo de Bohr.</i></p>	<p><i>(x) bom - Assunto mais voltado para o ensino de química.</i></p>
--	--	--	--

Fonte: autor (2019).

Com a análise da pergunta quatro, depreendemos que, assim como alguns dos livros analisados, as respostas obtidas até o momento, colocam o sistema planetário como um bom princípio introdutório para desmembrar a modelagem

atômica descrita por Niels Bohr. Outro fato importante na resposta do docente B é a afirmação que o átomo de Bohr tem algumas lacunas. Entendemos que, uma dessas lacunas é a possibilidade do elétron encontrar-se numa região probabilística, caso que o modelo de Niels Bohr não explica. No entanto, essas lacunas são explicadas com o incremento da Mecânica Quântica, por autores como Max Planck, Paul Dirac, Erwin Schrodinger e outros. Ainda com relação à pergunta quatro, os outros itens que constam nela tiveram em sua maioria uma incompreensão em relação às analogias colocadas e aos assuntos motivadores. A pergunta completa e suas respostas encontram-se no Apêndice A deste trabalho.

Mais adiante, pedimos para os entrevistados descreverem as semelhanças da analogia tratada. Percebemos que as respostas obtidas não fugiram do perfil de colocações encontradas na pergunta quatro. Todavia, um fato importante é destacado pelo entrevistado C: *“Essa parte de Física Contemporânea não é vivenciada no ensino médio”*.

Essa resposta mostra um dado preocupante, pois, sabemos da importância das teorias que fundamentam a Física Moderna e o quanto elas possibilitaram a evolução da ciência a partir do século XX. Entendemos que, caso essa afirmação for confirmada com pesquisas futuras, o currículo de Física precisa ser repensado, no que tange ao prolongamento da carga horária, no sentido de possibilitar aos alunos tem mais tempo para conhecerem a Física Moderna e Contemporânea. Todavia, com a nova perspectiva de composição curricular, onde o aluno escolhe os itinerantes eletivos, não sabemos como ficará a composição do itinerário da Física, pois certamente a demanda vai diminuir. Os demais participantes, nesta fase da entrevista discorreram algumas das similaridades entre a engrenagem planetária e o modelo atômico de Niels Bohr, sem mencionar grandes detalhes na comparação.

O passo a seguir, que aparece na entrevista, mostra que a analogia analisada é considerada simples à vista dos docentes A e C. Novamente, esse ponto é visivelmente constatado nos livros que se propuseram a mostrar essa figura comparativa, já que os mesmos colocam o composto estudado de forma imprudente a luz dos estudos de Glynn (1991). É importante dizer que no ensino com analogias, explorar uma equiparação simples não necessariamente causa aos alunos concepções dúbias. Mas, na medida em que o docente ou o livro didático deixam de introduzir o assunto alvo, dizerem onde a analogia não alcança e outros termos

considerados chave, possibilitam a criação de obstáculos acerca do desenvolvimento do conhecimento científico.

Pesquisas colocam que o ensino com analogia pode tornar-se uma via de mão dupla, já que há momentos em que uma metáfora aparenta ser analogia e há instantes que uma analogia caracteriza-se como uma metáfora, e essas comparações possibilitam uma aprendizagem de caráter científica, desde que garimpadas com cautela (ANDRADE *et al.*, 2014).

Já o docente B classificou o sistema planetário como sendo uma analogia enriquecida para deslumbrar o átomo. Sendo assim, observamos que os dados inferidos até o momento não divergem totalmente do propósito atrelado no ensino com analogias, observamos que os entrevistados têm alguma cautela, no que tange trabalhar com figuras símeis, depreendemos também, que as analogias utilizadas em sala, segundo algumas respostas, buscam associar a realidade que os educandos vivenciam. Esse fato é importante, pois, os conhecimentos prévios que os alunos detêm de determinado assunto, ou mesmo a vivência extraescolar, poderiam possibilitar ao professor explorar uma analogia detalhando as semelhanças entre o composto primário e, não menos importante, trabalhar com os educandos os limites na comparação presente.

A pergunta final da entrevista teve como finalidade principal o ensino de física e a colaboração do assunto em questão no desenvolvimento da ciência. Constatamos nas falas dos entrevistados que a exploração de analogias de alguma maneira fortaleceu a construção científica:

Quadro 6 – Resumo da pergunta sete e as respostas obtidas

<p>Os modelos são frequentemente utilizados em situações de ensino, o papel das analogias vai além de uma simples função como ferramenta de ensino. Em sua opinião as analogias contribuíram para o</p>	<p><i>Acredito que as analogias contribuíram sim para o desenvolvimento da ciência, uma vez que fazer a ligação de conteúdos científicos físicos com algo mais próximo da realidade dos alunos ajuda na compreensão dos</i></p>	<p><i>É uma ferramenta muito rica e facilitadora na introdução de conceitos científicos bastante abstratos e de difícil entendimento, por parte do educando, que está sendo introduzido ao pensamento científico, no campo da física.</i></p>	<p><i>Sim. Sempre que possível faço analogias nas minhas aulas com a realidade dos alunos.</i></p>
--	---	---	--

<p>desenvolvimento da ciência? Ela é uma boa ferramenta didática para o ensino de física?</p>	<p><i>fenômenos. Com isso, podemos dizer que o uso de analogias é um importante recurso didático nas aulas de física, pois facilita o entendimento dos alunos para uma aprendizagem significativa e os aproximam da ciência. Porém, é preciso que o professor saiba usar esta ferramenta e tenha claro em sua mente a função do uso de analogias no ensino, para que não seja apenas mais uma forma didática sem fundamento.</i></p>		
--	--	--	--

Fonte: autor (2019).

Portanto, podemos depreender com as análises que os docentes sabem da importância da exploração de analogias no Ensino de Física e também do valor ao relacionar a analogia utilizada com a rotina dos alunos. Porém, compreendemos que os docentes não têm domínio sobre como criar uma analogia adequada ao ensino algo que já era esperado. Por isso, a falta de alguns passos são constatados tanto nas obras didáticas vistas no item 5.2, como no discurso dos professores.

No que tange o assunto principal desta monografia, a entrevista reforça a ideia de que é necessário explorar melhor o sistema planetário como tema semelhante para abordar o átomo de Bohr. Pois, da maneira que é colocado, torna-se apenas uma analogia simples. Assim, é preocupante a forma como a comparação supracitada é descrita aos alunos.

Acreditamos que as barreiras causadas na aprendizagem, quando aplicamos uma analogia de forma inadequada, podem ser corrigidas a médio e longo prazo. Para isso, é preciso fortalecer a formação continuada dos docentes que estão em

atividade, mostrando a eles metodologias e ferramentas que compõem suas aulas, especialmente nos últimos anos do Ensino Médio. Destacamos também a importância de se elaborar livros didáticos em conjunto com os docentes, incorporando seus conhecimentos, bem como, a necessidade de um olhar mais cauteloso por parte dos autores de livros de física quando forem explorar figuras semelhantes.

5 PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO DO SISTEMA PLANETÁRIO COMO ANALOGIA PARA ESTUDAR O MODELO ATÔMICO DE NIELS BOHR

Com base dos dados inferidos e também seguindo os passos colocados por Glynn (1991), será construída uma sequência didática que terá como assunto principal o átomo de Bohr. Esse esquema que será montado tem por finalidade assessorar professores que lecionam aulas de Física no Ensino Médio. No entanto, acreditamos que a mesma sequência pode auxiliar professores que ministram aulas de Química no Ensino Médio, ficando a cargo do próprio docente fazer adaptações caso seja necessário.

5.1 Explorando a analogia entre os modelos

Iniciaremos com uma breve colocação histórica sobre os modelos atômicos que precederam o átomo de Bohr.

- ✓ Antes do trabalho de Bohr, tivemos três trabalhos importantes acerca dos modelos atômicos. São eles: o modelo de John Dalton, em que se acreditava que o átomo era rígido como uma bola maciça; em seguida, o do físico Joseph John Thomson que mostrou que em volta do núcleo atômico existiam pequenos elementos chamados de elétrons, modelo que ficou conhecido como pudim; e depois o modelo de Ernest Rutherford, mostrando que o átomo não portava elétrons reunidos numa só região.

Depois dessa pequena abordagem iremos dar início ao tema principal. Tomaremos como base os passos descritos por Glynn.

- I. Na segunda década do século XX um físico chamado de Niels Bohr percebeu que os elétrons se comportavam em órbitas. Aparentemente essas órbitas são circulares e os elétrons nesse contexto possuem uma aceleração e órbitas estáveis. Com vistas às primeiras informações que Bohr tinha em mão, algo se assemelhava a esse modelo atômico.
- II. Na época algumas analogias foram sugeridas no intuito de facilitar a compreensão dos fenômenos presenciados por Bohr. A principal delas advém da dinâmica planetária. Sabemos que o sistema planetário é composto pelo Sol e por planetas. Os planetas giram em volta do sol em órbitas

aproximadamente circulares e uniformes. Vejam as figuras abaixo, as mesmas estão fora de escala:

Sistema solar. Imagem da Internet.

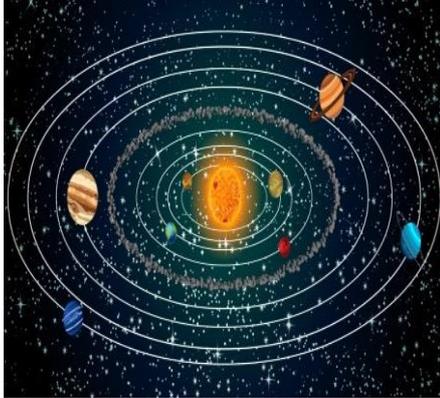
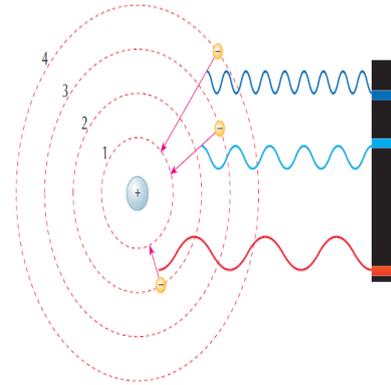


Ilustração do átomo de Bohr. Imagem da internet.



- III. Olhando para essas imagens podemos dizer que a característica principal entre as duas é ter um objeto no centro. Note que, em volta desse ponto central existem outros elementos menores movimentando-se aparentemente num movimento circular uniforme e com momentos angulares. O momento do elétron é calculado por:

$$MvR = n \frac{h}{2\pi} \quad (1)$$

Tal que, **M** e **v** são a massa e a velocidade do elétron, **R** é o raio da sua órbita, **h** corresponde à constante de Planck e $n = 1,2,3,\dots$ é o número quântico que define os valores discretos do momento angular. Já o momento dos planetas pode ser calculado por:

$$\vec{L} = \frac{2MR^2}{5} \times \vec{\omega} \quad (2)$$

Tal que, **M** é a massa do objeto, **R** é o raio do objeto e **w** é a velocidade angular. Também podemos inferir que os elétrons na figura do átomo estão ordenados em seus níveis de energia (órbita) assim como os planetas nas órbitas em torno do sol.

- IV. Os dois esquemas apresentam momentos angulares definidos por uma massa **M** e um raio **R**. Note que ambos apresentam um núcleo que atrai os elementos que estão à sua volta. No entanto, os elétrons não estão tão

próximos do núcleo como aparece na figura. Para melhor compreender em qual distância está o primeiro elétron em relação ao núcleo, podemos dizer que essa distância equivale aproximadamente sete vezes a distância do Sol até Plutão, que é de aproximadamente $5.900 \times 10^6 \text{ km}$. Ou seja, o primeiro elétron de um átomo está absurdamente longe do núcleo.

Sabe-se também, que o Sol exerce uma força de natureza gravitacional nos planetas; fato que também foi constatado por Bohr em um de seus postulados, embora no átomo essa força seja de natureza elétrica entre o núcleo e os elétrons.

Nos passos dois e três foram apresentadas algumas das semelhanças entre o sistema solar e o átomo de Bohr, esses trazem argumentações conceituais e aplicação de equações. Todavia, cabe ao docente que utilizar essa sequência adaptar caso entenda que é necessário. O passo a seguir discorrerá de algumas falhas nessa analogia.

- V. No modelo planetário todos os planetas apresentam órbitas comportadas. Considerar esse fato no modelo atômico de Bohr é errado. Pois, o postulado do Estado Estacionário diz que, somente um grupo discreto de órbitas é estável e nessas fases o átomo não emite energia na forma de fóton. Outro fator importante verificado é que os elétrons podem saltar de um estado estacionário de maior energia, para outro estado de menor energia e emitir radiação, esse evento não acontece no sistema solar, uma vez que, sabemos que o Sol irradia energia para os planetas e os planetas não saem de suas trajetórias. Temos também um grande espaço vazio formado pela distância, do núcleo até a primeira partícula/elétron. Já no sistema solar, existe entre o sol e os planetas, diversos corpos, como asteroides e meteoroides até os proto-planetas como Plutão.

As falhas supracitadas são as principais que aparecem nesta analogia, poderíamos destacar outras, no entanto acreditamos que para o Ensino Médio mostrar essas lacunas já é de bom tamanho. O passo seis, diz que após essas colocações é preciso colocar conclusões acerca do tema/assunto alvo. Dessa forma, iremos fazer um relato sobre os principais pontos do assunto alvo.

- VI. O átomo de Bohr tem três aspectos que consideramos importantes, são eles: o estado estacionário, no qual um pequeno grupo de órbitas é estável; os elétrons podem pular de um estado de maior energia para outro de pouca

energia; e uma força de natureza elétrica que aparece entre o núcleo e os elétrons.

As conclusões citadas acima são as principais que podemos mostrar no Ensino Médio, devido à complexidade que aparece ao aprofundarmos no estudo desse átomo. Todavia, nada impede que o docente explore outros conceitos e definições que não foram citadas nessa sequência didática.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Ensino de Ciências é pautado por vários assuntos abstratos. No entanto, ferramentas metodológicas e didáticas são elaboradas para auxiliarem na abordagem e na compreensão desses assuntos. Dessa maneira, uma das ferramentas mais usadas na Ciência são as analogias. Sua aplicação na Ciência é importante desde os primeiros estudos dos filósofos gregos até o atual momento. No ensino, as analogias são exploradas por docentes e alunos, no intuito de facilitar a prática educativa e despertar a curiosidade dos alunos sobre os fenômenos científicos.

Dada à importância das analogias no ensino, ao longo das análises dos livros didáticos e das entrevistas, a analogia do sistema planetário para estudar o átomo de Niels Bohr está sendo utilizada de maneira imprudente. Será que o fato de alguns livros não trazerem essa analogia ou qualquer outra no tópico relacionado ao átomo sobredito está relacionado às normas que os autores e editoras devem seguir, para que o livro seja aceito pelo PNLD?

Por outro lado, algumas obras que exploram o sistema solar como analogia, o fazem de maneira vaga, desconsiderando alguns pontos principais na sua aplicação, fazendo com que apareçam alguns problemas à sua aplicação:

1. A analogia pode ser interpretada como o conceito em estudo, ou dela serem apenas retidos os detalhes mais evidentes e apelativos, sem se chegar a atingir o que se pretendia;
2. Pode não ocorrer um raciocínio analógico que leve à compreensão da analogia;
3. A analogia pode não ser reconhecida como tal, não ficando explícita a sua utilidade;
4. Os alunos podem centrar-se nos aspectos positivos da analogia e desvalorizar as suas limitações. (DUARTE, 2005, p. 12).

Aqui, faz-se necessário uma crítica aos autores que elaboram livros didáticos e exploram analogias em sua obra. Como é preciso atender um edital para que o livro seja aceito, quando usar uma analogia é importante trazer, ainda que seja em nota de rodapé ou em apêndice, os limites da analogia. Outro ponto importante que merece destaque é o formato padrão em que os livros trazem os tópicos. Esses fatos também são encontrados nos livros universitários, o que impacta na formação dos futuros docentes. Os conceitos são colocados do mesmo modo, exercícios totalmente teóricos, há também um reducionismo significativo no tópico do átomo de Niels Bohr, que mais parece um resumo. Assim, faz com que o leitor fique

desestimulado a conhecer as entrelinhas seguintes, fato que, a leitura acaba parecendo sem sentido, desagradável e cansativa.

Com base nos dados coletados, mesmo sendo um estudo de escala pequena, podemos dizer que a aplicação dessa analogia em sala de aula acontece de maneira despreziosa. Portanto, de acordo com nossos objetivos e a análise dos dados, apenas a analogia do sistema planetário não é suficiente para estudar o modelo atômico de Bohr. Dessa forma, há uma eventual potencialidade de acontecer bloqueios na aprendizagem do tema analisado. Todavia, mesmo mostrando os efeitos causados ao explorar uma analogia equivocadamente, com base na epistemologia bachelardiana, o papel da linguagem no Ensino de Ciências é importante para o seu desenvolvimento (LARA, 2014).

Adotar analogias no Ensino de Física é quase que inevitável, pois sabemos que os conceitos da Física por vezes são complexos até mesmo para especialistas da área. No entanto, fazer uso de analogias nos livros didáticos e em aulas é preciso que os autores e os professores não percam o foco do assunto principal. De modo geral, sabemos que os conceitos que fundamentam o átomo de Bohr não são triviais de serem compreendidos.

Além disso, há um curto espaço de tempo para o docente trabalhar esse assunto em aula e também, como citado na entrevista, em muitas vezes a Física Moderna não é vivenciada pelos alunos no Ensino Médio. Esses problemas são somados às inúmeras tarefas que o professor desempenha na escola ocasionando uma prática educacional rotineiramente tradicional e muitas vezes voltada a preparação para os vestibulares.

Porém, a produção científica e o Ensino de Ciências vai continuar fazendo uso de figuras semelhantes para simplificar estudos abstratos. Isso implica dizer que utilizar analogias é fundamental para o homem entender ou explicar os vastos campos de informações extraídos de pesquisas, seja na Ciência, Filosofia e no desenvolvimento histórico da complexa dinâmica social.

Ademais, queremos destacar que a proposta de usar o sistema planetário como modelo análogo, descrita nessa monografia tem finalidade de auxiliar a aplicação do sistema planetário como analogia ao modelo atômico de Bohr em aulas do Ensino Médio. Tentamos destacar as principais relações e defeitos na comparação. Embora não saibamos quais os efeitos dessa sequência no ensino,

acreditamos que a mesma pode acrescentar algo de útil para deslumbrar o fascinante estudo construído por Bohr acerca do modelo atômico.

A pesquisa também permitiu ter uma visão sobre os temas que mais são utilizados analogias em sala de aula. Segundo os entrevistados, isso ocorre mais na Mecânica e no Eletromagnetismo. Essa prática possivelmente está atrelada a facilidade dos docentes em relacionar o convívio social e conhecimentos extraescolares dos alunos a esses temas, que tem mais tradição no Ensino Médio e nos vestibulares. Assim, usar dessas analogias, que os alunos já têm certo conhecimento, facilita as práticas educativas.

Portanto, é inegável que as analogias e metáforas fazem parte da relação humana, tanto num contexto social, como também científico e educacional. Conquanto, aplicar as mesmas no contexto educacional e científico é preciso alguns cuidados, caso contrário a aplicação vai ser uma simples especulação comparativa. No entanto, podemos tornar suas aplicações interessantes e agradáveis fazendo com que o ensino alcance importantes valores sociais e humanos, bem como fortalecendo as bases educacionais na construção do conhecimento tecnológico do país.

REFERÊNCIAS

ABDOUNUR, Oscar João. **Matemática e Música: O pensamento analógico na construção de significados**. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

ANDRADE, A.C. S, *et al.* **Analogias e metáforas no ensino e aprendizagem do conceito de átomo**: breve análise em livros didáticos. Scientia Plena, Vol. 10, N. 4, 2014.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: Contribuição Para Uma Psicanálise Do Conhecimento. Tradução Estela dos Santos Abreu. - Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977. Disponível em:
<https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4295794/mod_resource/content/1/BARDIN%2C%20L.%20%281977%29.%20An%C3%A1lise%20de%20conte%C3%BAdo.%20Lisboa_%20edi%C3%A7%C3%B5es%2C%2070%2C%20225..pdf> Acesso em: 25 jul. 2019.

BASSO, Andreza Cátia. **O átomo de Bohr em nível médio**: uma análise sobre o referencial lakatosiano. 2004. 198 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Ensino Científico e Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

BRASIL. [Ministério da Educação (2000)]. **Parâmetros Curriculares Nacionais** (Ensino Médio). Parte II. Brasília, DF: MEC/SEF, 2000.

BRASIL. [Ministério da Educação (2002)]. **Parâmetros Curriculares Nacionais +** (Ensino Médio). Brasília: MEC/SEF, 2002.

BRASIL. [Ministério da Educação (2018)]. **Programa Nacional do Livro e do Material Didático**. Brasília, DF, Edital 2018.

BRASIL. [Ministério da Educação (1998)] Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais /Secretaria de Educação Fundamental**. - Brasília: MEC /SEF, 1998.138 p.

CELLARD, André. **A análise documental**. In. POUPART, Jean. **A pesquisa qualitativa**: Enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

DUARTE, M. C. Analogias Na Educação Em Ciências Contributos E Desafios. **Investigations in Science Teaching** – V10 (1), p. 7-29, 2005.

DUIT, Reinders. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v.79, n.6, p. 649-672, 1991.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN, E. A. **Uso Espontâneo De Analogias Por Professores De Biologia E O Uso Sistematizado De Analogias: Que Relação?** *Ciência & Educação*, v. 9, n. 2, p. 213-227, 2003.

GLYNN, Shawn M. Explaining science concepts: A Teaching-with-Analogies Model. **The psychology of learning science** p. 219-240, 1991.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to Quantum Mechanics**, 2. ed. Prentice-Hall, 2005.

JUNGES, Samira. **Análise do uso de analogias em livros de Física para o Ensino Médio**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Faculdade De Física - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/view/8692/6140>> Acesso em: 9 maio. 2019.

LARA, M. **Elaboração De Significados Com Analogias Em Atividades Na Sala De Aula De Química**. Dissertação - Universidade Federal Do Paraná, Programa de pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática – PPGECEM, 2014.

MINAYO. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 12 ed. São Paulo: Hucitec, 2000.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MOZZER, N. B; JUSTI, R. “Nem tudo que reluz é ouro”: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** - Vol. 15, n. 1, 2015.

NAGEM, R. L., CARVALHAES, D. O., DIAS, J. A. Y. T. Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. **Revista Portuguesa de Educação, Braga**, v.14, n. 1, p. 197-213, 2001.

NEWTON, Isaac. **Principios Matemáticos de la Filosofía Natural**. trad. Eloy Rada, Madrid, Alianza Editorial, 2004.

OLIVEIRA, Maria Marly de. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 6. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

OLIVEIRA, R. J. A crítica ao verbalismo e ao experimentalismo no ensino de química e física. **Química Nova**, v.15, n.1, p.86-89, 1992.

PEREIRA, Aldo Gomes. **Um Estudo Histórico Da Evolução Do Conceito De Potencial Vetor No Eletromagnetismo Clássico**. 2009. Dissertação (Mestre em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Física do Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2009.

PEDUZZI, Luiz O. Q. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2008.

SCHEID, N. M. J.; HOFFMANN, M. B. Analogias Como Ferramenta Didática No Ensino De Biologia. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte - v.09, n.1, p.21-37, jan-jun, 2007.

VIGOTSKII, L.S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Trad. de VILLALOBOS, 12 ed. São Paulo: Ícone, 2012.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Pensamento e Linguagem**. 2 ed., São Paulo: Editora Martins Fontes. 1998.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BARRETO, Benigno; XAVIER, Claudio. **Física aula por aula**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2018.

BISCUOLA, J. G.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Física 3: Eletricidade Física Moderna**. v. 3. São Paulo: Saraiva, 2016.

COSTA, S; EUZÉBIO, G. J; DAMASIO, F. A Astronomia Na Formação Inicial De Professores De Ciências. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA**, n. 22, p. 59-80, 2016.

FERRY, A. S; NAGEM, R. L. Analogia & Contra-Analogia: Um Estudo Sobre A Viabilidade Da Comparação Entre O Modelo Atômico De Bohr E O Sistema Solar Por Meio De Um Júri Simulado. **Experiências em Ensino de Ciências – V4(3)**, pp. 43-60, 2009.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2012.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física: Eletromagnetismo-Física Moderna**. 3. ed. São Paulo; Ática, 2016.

KOPP, F. A; ALMEIDA, V. Analogias e metáforas no ensino de Física Moderna apresentadas nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 69-98, abr. 2019.

OBRA COLETIVA. **Ser Protagonista**. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2015.

PEDUZZI, L. O. Q; BASSO, A. C. Para o ensino do Átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 545 - 557, (2005).

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física: em contextos pessoal-social-histórico**. 1. ed. São Paulo; FTD, 2011.

SANTOS, Fernanda Marsaro dos. Análise De Conteúdo: A Visão De Laurence Bardin [BARDIN, Laurence. Análise De Conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011, 229 P.]. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 6, n. 1, mai. 2012.

SILVA, M. P. C; SCHMIEDECKE, W. G. A Transposição De Conhecimentos Na Produção De Materiais Didáticos Para O Ensino De Astronomia. **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2015**.

TORRES, C. M.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, P. C. M. **Física Ciência e Tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

ZAMBON, L. B; TERRAZZAN, E. A. Analogias produzidas por alunos do ensino médio em aulas de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, 1505 (2013).

APÊNDICE A – ENTREVISTA COM O DOCENTE E RESPOSTAS

A digitalização ocorreu sem alterar nenhuma das respostas dadas pelos entrevistados.

Entrevistado: Docente A

UNIDADE ESCOLAR

NOME: Escola De Referência Em Ensino Médio Professor Antônio Farias

Esse questionário faz parte da coleta de dados do Trabalho de Conclusão de Curso de Física – Licenciatura, do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco (CAA-UFPE). O autor do trabalho é Uémisson Araujo Nogueira, sob orientação da Profa. Dra. Tassiana F.G. de Carvalho.

Nesta entrevista os nomes dos docentes serão preservados, identificados apenas como docente A, docente B, docente C, etc.

Você aceita participar desta pesquisa: (X) Sim () Não

Formação inicial (Se estiver mais de uma graduação informar).

Resp.

- *Física – Licenciatura.*

Possui pós-graduação, mestrado ou doutorado? (Áreas; educação, ciências, física pura ou áreas afins).

Resp.

- *Pós: Ensino de Ciências e Matemática; Mestrado: Educação Contemporânea.*

Há quanto tempo leciona física no ensino médio? E quais os anos 1ºano, 2º ano ou 3ºano?

Resp.

- *3 anos, nos 3º anos.*

Há quanto tempo está ministrando aulas de física nesta escola?

Resp.

- *3 anos.*

INDAGAÇÕES

1. Em relação ao ensino de física, muito se discute sobre o uso de analogias em sala de aula. Segundo Nagem (2003) “... as analogias e metáforas estão presentes em quase todas as atividades humanas que vão desde as pesquisas científicas até a sua divulgação, seja de forma oral ou escrita.” Com relação a está temática (analogias), as mesmas são amplamente usadas no ensino de ciências. Ao considerar a sua experiência em sala de aula, quais os temas na física, desde a física clássica até a física contemporânea, em que o uso de analogias facilita as atividades na sala de aula? Dê um ou dois exemplos.

Resp.

- *Eletromagnetismo e Dinâmica.*

2. As analogias são compreendidas como sinônimo de outras concepções, como metáforas e modelos. Exemplo: “... a metáfora da árvore da vida, usada por Darwin em “A Origem das Espécies” para explicar a sucessão das espécies a partir de um “tronco” comum a todas.” Nesse sentido, elas possuem limitações e aproximações. Você considera importante fazer essas considerações aos alunos? Acredita que em alguns casos a analogia possa favorecer o conceito de senso comum e não o conceito científico? Dê exemplos.

Resp.

- *A física por vezes, tem um caráter abstrato e com isso a analogia pode ajudar no processo de ensino aprendizagem. Acredito que dependendo da abordagem pelo professor isto possa favorecer um entendimento do senso comum, mas tem muito haver também com a forma com que aluno enxergue a física.*

3. Sabemos que os livros didáticos também fazem uso de analogias para abordar alguns assuntos.

Exemplo:

“O modelo atômico elaborado por Thomson diz que: A carga positiva estaria distribuída por todo o átomo, como um pudim recheado de ameixas.”

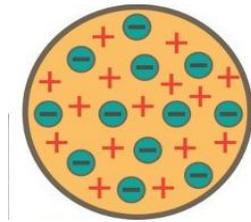


Imagem 1



Imagem 2

Analogia encontrada no livro – *Física aula por aula* – (p. 242), imagens da internet.
O livro integra o **Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD)**.

O (A) senhor-(a) usa essas analogias, sugeridas nos livros didáticos? Com que frequência? Em sua opinião, elas são bem elaboradas e trazem alguma referência sobre suas limitações? Se não usa explique alguns motivos.

Resp.

- *É comum o uso, acredito. Hoje, acredito que livros exploram bem mais as limitações de certas analogias como a do próprio modelo de Thomson. Mostrando que há espaços vazios no átomo e que não é possível enxergá-lo dessa forma.*

4. Como profissional da área, o (a) senhor-(a) deve saber das dificuldades de se trabalhar assuntos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, principalmente por conta da complexidade de alguns conceitos. Em qual desses exemplos o (a) senhor-(a) compreende que a analogia é uma boa ferramenta para abordar tais assuntos:

Princípio de Equivalência da Gravidade e da Inércia. “... um elevador em queda livre que Einstein teria usado...” () ruim () regular () bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- *Não recordo o princípio da equivalência.*

O átomo de Bohr... "O átomo de Bohr e o sistema planetário" () ruim () regular (x) bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- *Um comentário que podemos fazer é que – A analogia entre as órbitas dos planetas com os níveis discretos de energia assumidos pelos elétrons é uma boa. Porém é preciso explorar os números quânticos que as vezes não é tão simples.*

Partículas elementares... O modelo do átomo de Thomson “o pudim de ameixas”, partículas alfa atravessando “o pudim de passas” (x) ruim () regular () bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- *O modelo de Thomson não dizia que existia espaços vazios onde as partículas alfa poderiam atravessar ou desviar.*

5. Alguns livros didáticos e professores usam o sistema solar como analogia para estudar o átomo de Bohr. Por que está relação é mostrada nos livros ou usada por professores? Quais as semelhanças?

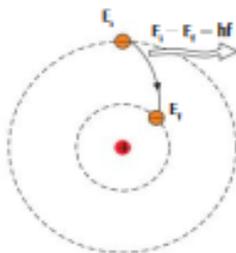


Imagem do livro “Física aula por aula” (p. 221).

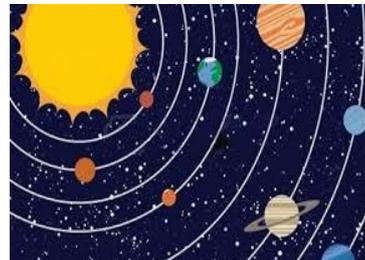


Imagem da internet.

Resp.

- *Porque o átomo possui o núcleo e os elétrons assumem níveis de energia discretos em órbitas ao redor do mesmo. O sistema solar e os planetas estão em órbita ao seu redor. Além disso, o estudo da energia e das forças existentes, justificam o porquê de não haver colisão dos elétrons com o núcleo e dos planetas com o sol.*

6. Em qual desses níveis estaria a analogia proposta no item 5?

Simples: o estudo é feito apenas comparando (ilustração) o conceito análogo (sistema solar), com o modelo atômico de Bohr conceito alvo.

(x)

Enriquecida: Conceitos análogos e alvo são explicados, bem como é justificado os motivos para sua utilização (semelhança) e também podem existir limitações na aproximação. ()

Estendida: quando várias semelhanças dos conceitos são usadas para aproximá-los (análogo e alvo), ou são usados outros meios para explicar o mesmo estudo. ()

7. Os modelos são frequentemente utilizados em situações de ensino, o papel das analogias vai além de uma simples função como ferramenta de ensino. Em sua opinião as analogias contribuíram para o desenvolvimento da ciência? Ela é uma boa ferramenta didática para o ensino de física?

Resp.

- *Acredito que as analogias contribuíram sim para o desenvolvimento da ciência uma vez que fazer a ligação de conteúdos científicos físicos com algo mais próximo da realidade dos alunos ajuda na compreensão dos fenômenos. Com isso, podemos dizer que o uso de analogias é um importante recurso didático nas aulas de física, pois facilita o entendimento dos alunos para uma aprendizagem significativa e os aproximam da ciência. Porém, é preciso que o professor saiba usar está ferramenta e tenha claro em sua mente a função do uso de analogias no ensino, para que não seja apenas mais uma forma didática sem fundamento.*

APÊNDICE B – ENTREVISTA COM O DOCENTE E RESPOSTAS

A digitalização ocorreu sem alterar nenhuma das respostas dadas pelos entrevistados.

Entrevistado: Docente B

UNIDADE ESCOLAR

NOME: Escola De Referência Em Ensino Médio Professor Antônio Farias

Esse questionário faz parte da coleta de dados do Trabalho de Conclusão de Curso de Física – Licenciatura, do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco (CAA-UFPE). O autor do trabalho é Uémissom Araujo Nogueira, sob orientação da Profa. Dra. Tassiana F.G. de Carvalho.

Nesta entrevista os nomes dos docentes serão preservados, identificados apenas como docente A, docente B, docente C, etc.

Você aceita participar desta pesquisa: (x) Sim () Não

Formação inicial (Se estiver mais de uma graduação informar).

Resp.

- *Engenharia Civil e Licenciatura em Matemática.*

Possui pós-graduação, mestrado ou doutorado? (Áreas; educação, ciências, física pura ou áreas afins).

Resp.

- *Não.*

Há quanto tempo leciona física no ensino médio? E quais os anos 1ºano, 2º ano ou 3ºano?

Resp.

- *Há 22 anos nas 3 séries do ensino médio.*

Há quanto tempo está ministrando aulas de física nesta escola?

Resp.

- 8 anos.

INDAGAÇÕES

1. Em relação ao ensino de física, muito se discute sobre o uso de analogias em sala de aula. Segundo Nagem (2003) “... as analogias e metáforas estão presentes em quase todas as atividades humanas que vão desde as pesquisas científicas até a sua divulgação, seja de forma oral ou escrita.” Com relação a está temática (analogias), as mesmas são amplamente usadas no ensino de ciências. Ao considerar a sua experiência em sala de aula, quais os temas na física, desde a física clássica até a física contemporânea, em que o uso de analogias facilita as atividades na sala de aula? Dê um ou dois exemplos.

Resp.

- *No estudo da pressão atmosférica o funcionamento de um barômetro pode ser relacionado à pressão que sentimos nos ouvidos ao mergulhar em uma piscina ou descer uma serra.*
2. As analogias são compreendidas como sinônimo de outras concepções, como metáforas e modelos. Exemplo: “... a metáfora da árvore da vida, usada por Darwin em “A Origem das Espécies” para explicar a sucessão das espécies a partir de um “tronco” comum a todas.” Nesse sentido, elas possuem limitações e aproximações. Você considera importante fazer essas considerações aos alunos? Acredita que em alguns casos a analogia possa favorecer o conceito de senso comum e não o conceito científico? Dê exemplos.

Resp.

- *O professor deve a partir da analogia, conduzir o educando do senso comum ao conceito científico.*
3. Sabemos que os livros didáticos também fazem uso de analogias para abordar alguns assuntos.

Exemplo:

“O modelo atômico elaborado por Thomson diz que: A carga positiva estaria distribuída por todo o átomo, como um pudim recheado de ameixas.”

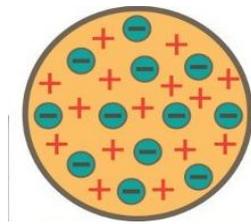


Imagem 1



Imagem 2

Analogia encontrada no livro – *Física aula por aula* – (p. 242), imagens da internet.
O livro integra o **Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD)**.

O (A) senhor-(a) usa essas analogias, sugeridas nos livros didáticos? Com que frequência? Em sua opinião, elas são bem elaboradas e trazem alguma referência sobre suas limitações? Se não usa explique alguns motivos.

Resp.

- *São analogias tradicionais, comuns nos livros didáticos, podem ser usadas sim, mas fazendo referência às suas limitações.*

4. Como profissional da área, o (a) senhor-(a) deve saber das dificuldades de se trabalhar assuntos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, principalmente por conta da complexidade de alguns conceitos. Em qual desses exemplos o (a) senhor-(a) compreende que a analogia é uma boa ferramenta para abordar tais assuntos:

Princípio de Equivalência da Gravidade e da Inércia. “... um elevador em queda livre que Einstein teria usado...” () ruim () regular () bom (x) ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- *Einstein conseguiu através de uma imagem (situação), simples de ser imaginada ilustrar uma teoria bastante complexa!*

O átomo de Bohr... "O átomo de Bohr e o sistema planetário" () ruim () regular (x) bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- *Foi uma analogia boa para o momento histórico em que foi desenvolvida e para o desenvolvimento científico da época, porém com os avanços da experimentação, ficou claro algumas lacunas no modelo de Bohr.*

Partículas elementares... O modelo do átomo de Thomson “o pudim de ameixas”, partículas alfa atravessando “o pudim de passas” () ruim (x) regular () bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- *Um tanto limitada, pelas mesmas razões explicitadas acima.*
5. Alguns livros didáticos e professores usam o sistema solar como analogia para estudar o átomo de Bohr. Por que está relação é mostrada nos livros ou usada por professores? Quais as semelhanças?

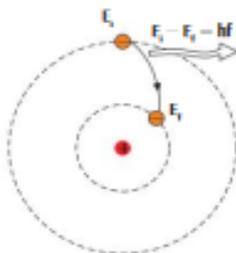


Imagem do livro “Física aula por aula” (p. 221).

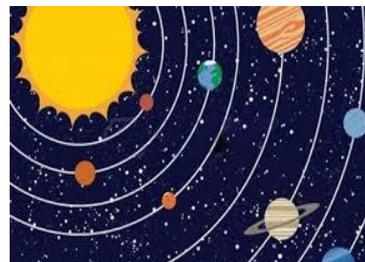


Imagem da internet.

Resp.

- *Atuação da força elétrica e da gravitacional que possuem semelhanças entre sim. O modelo de órbitas em torno de um ponto central massivo.*

6. Em qual desses níveis estaria a analogia proposta no item 5?

Simple: o estudo é feito apenas comparando (ilustração) o conceito análogo (sistema solar), com o modelo atômico de Bohr conceito alvo. ()

Enriquecida: Conceitos análogos e alvo são explicados, bem como é justificado os motivos para sua utilização (semelhança) e também podem existir limitações na aproximação. (x)

Estendida: quando várias semelhanças dos conceitos são usadas para aproximá-los (análogo e alvo), ou são usados outros meios para explicar o mesmo estudo. ()

7. Os modelos são frequentemente utilizados em situações de ensino, o papel das analogias vai além de uma simples função como ferramenta de ensino. Em sua opinião as analogias contribuíram para o desenvolvimento da ciência? Ela é uma boa ferramenta didática para o ensino de física?

Resp.

- *É uma ferramenta muito rica e facilitadora na introdução de conceitos científicos bastante abstratos e de difícil entendimento, por parte do educando, que está sendo introduzido ao pensamento científico, no campo da física.*

APÊNDICE C – ENTREVISTA COM O DOCENTE E RESPOSTAS

A digitalização ocorreu sem alterar nenhuma das respostas dadas pelos entrevistados.

Entrevistado: Docente C

UNIDADE ESCOLAR

NOME: Escola De Referência Em Ensino Médio Professor Antônio Farias

Esse questionário faz parte da coleta de dados do Trabalho de Conclusão de Curso de Física – Licenciatura, do Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco (CAA-UFPE). O autor do trabalho é Uémisson Araujo Nogueira, sob orientação da Profa. Dra. Tassiana F.G. de Carvalho.

Nesta entrevista os nomes dos docentes serão preservados, identificados apenas como docente A, docente B, docente C, etc.

Você aceita participar desta pesquisa: (x) Sim () Não

Formação inicial (Se estiver mais de uma graduação informar).

Resp.

- *Engenharia civil; Licenciatura em Física.*

Possui pós-graduação, mestrado ou doutorado? (Áreas; educação, ciências, física pura ou áreas afins).

Resp.

- *Pós-graduação em ciências da Física e Matemática.*

Há quanto tempo leciona física no ensino médio? E quais os anos 1ºano, 2º ano ou 3ºano?

Resp.

- *20 anos.*

Há quanto tempo está ministrando aulas de física nesta escola?

Resp.

- 5 anos.

INDAGAÇÕES

1. Em relação ao ensino de física, muito se discute sobre o uso de analogias em sala de aula. Segundo Nagem (2003) “... as analogias e metáforas estão presentes em quase todas as atividades humanas que vão desde as pesquisas científicas até a sua divulgação, seja de forma oral ou escrita.” Com relação a está temática (analogias), as mesmas são amplamente usadas no ensino de ciências. Ao considerar a sua experiência em sala de aula, quais os temas na física, desde a física clássica até a física contemporânea, em que o uso de analogias facilita as atividades na sala de aula? Dê um ou dois exemplos.

Resp.

- *Lançamento de projétil e Queda livre faço analogia aos esportes.*

2. As analogias são compreendidas como sinônimo de outras concepções, como metáforas e modelos. Exemplo: “... a metáfora da árvore da vida, usada por Darwin em “A Origem das Espécies” para explicar a sucessão das espécies a partir de um “tronco” comum a todas.” Nesse sentido, elas possuem limitações e aproximações. Você considera importante fazer essas considerações aos alunos? Acredita que em alguns casos a analogia possa favorecer o conceito de senso comum e não o conceito científico? Dê exemplos.

Resp.

- *Esse conteúdo é mais para os professores de biologia, mas o uso de analogias sempre facilita a aprendizagem do aluno.*

3. Sabemos que os livros didáticos também fazem uso de analogias para abordar alguns assuntos.

Exemplo:

“O modelo atômico elaborado por Thomson diz que: A carga positiva estaria distribuída por todo o átomo, como um pudim recheado de ameixas.”

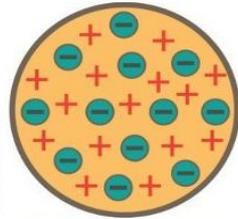


Imagem 1



Imagem 2

Analogia encontrada no livro – *Física aula por aula* – (p. 242), imagens da internet.
O livro integra o **Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD)**.

O (A) senhor-(a) usa essas analogias, sugeridas nos livros didáticos? Com que frequência? Em sua opinião, elas são bem elaboradas e trazem alguma referência sobre suas limitações? Se não usa explique alguns motivos.

Resp.

- *Qualquer analogia que aproxime da realidade do aluno sempre facilita a aprendizagem.*

4. Como profissional da área, o (a) senhor-(a) deve saber das dificuldades de se trabalhar assuntos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, principalmente por conta da complexidade de alguns conceitos. Em qual desses exemplos o (a) senhor-(a) compreende que a analogia é uma boa ferramenta para abordar tais assuntos:

Princípio de Equivalência da Gravidade e da Inércia. “... um elevador em queda livre que Einstein teria usado...” () ruim (x) regular () bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- *Para a nossa realidade não, porque o uso do elevador os alunos não fazem uso.*

O átomo de Bohr... "O átomo de Bohr e o sistema planetário" () ruim () regular (x) bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- Assunto mais voltado para o ensino de química.

Partículas elementares... O modelo do átomo de Thomson “o pudim de ameixas”, partículas alfa atravessando “o pudim de passas” () ruim () regular (x) bom () ótima

Comentar sobre sua opção.

Resp.

- Aproxima da realidade do aluno.

5. Alguns livros didáticos e professores usam o sistema solar como analogia para estudar o átomo de Bohr. Por que esta relação é mostrada nos livros ou usada por professores? Quais as semelhanças?

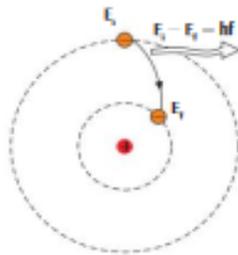


Imagem do livro “Física aula por aula” (p. 221).

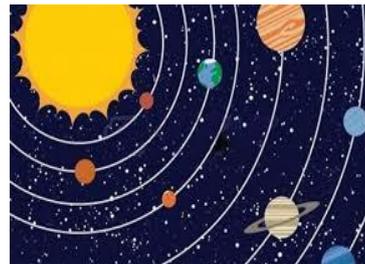


Imagem da internet.

Resp.

- Essa parte de Física Contemporânea não é vivenciada no ensino médio.

6. Em qual desses níveis estaria a analogia proposta no item 5?

Simples: o estudo é feito apenas comparando (ilustração) o conceito análogo (sistema solar), com o modelo atômico de Bohr conceito alvo. (x)

Enriquecida: Conceitos análogos e alvo são explicados, bem como é justificado os motivos para sua utilização (semelhança) e também podem existir limitações na aproximação. ()

Estendida: quando várias semelhanças dos conceitos são usadas para aproximá-los (análogo e alvo), ou são usados outros meios para explicar o mesmo estudo. ()

7. Os modelos são frequentemente utilizados em situações de ensino, o papel das analogias vai além de uma simples função como ferramenta de ensino. Em sua opinião as analogias contribuíram para o desenvolvimento da ciência? Ela é uma boa ferramenta didática para o ensino de física?

Resp.

- *Sim. Sempre que possível faço analogias nas minhas aulas com a realidade dos alunos.*